

XI CONGRESO INTERNACIONAL DE
EXPRESIÓN GRÁFICA APLICADA A LA EDIFICACIÓN
GRAPHIC EXPRESSION APPLIED TO BUILDING INTERNATIONAL CONFERENCE

INVESTIGACIÓN GRÁFICA
EXPRESIÓN ARQUITECTÓNICA
GRAPHIC RESEARCH, ARCHITECTURAL EXPRESION

ACTAS: COMUNICACIONES Y PÓSTERS



Primera edición 2012

© Comité Organizador (Editor)

Diseño gráfico y maquetación
Francisco Javier Sanchis Sampedro
Colaboración_ Fabián Criado

Diseño Página web
Miguel López Sanchis
Francisco Javier Sanchis Sampedro

© de la presente edición:
Editorial Universitat Politècnica de València
www.editorial.upv.es

Imprime: La Imprenta CG.

ISBN: 978-84-8363-964-1
Depósito legal: V-3339-2012
Ref. editorial: 2064

Queda prohibida la reproducción, distribución, comercialización, transformación, y en general, cualquier otra forma de explotación, por cualquier procedimiento, de todo o parte de los contenidos de esta obra sin autorización expresa y por escrito de sus autores.

Impreso en España

DIRECCIÓN

Concepción López Gonzalez

SECRETARIO

Jorge García Valdecabres

COMITÉ ORGANIZADOR

Marcos Abad Pourzel

Carmen Cárcel García

Simeon Couto López

Victor Gamero Bernal

Maria Teresa Gil Piqueras

Jorge Girbes Pérez

Raquel Hervás Llinares

Francisco Hidalgo Delgado

Marta Perez de los Cobos Casinello

Ángeles Rodrigo Molina

Francisco Javier Sanchis Sampedro

Pedro Verdejo Gimenez

COMITÉ CIENTÍFICO

COORDINADOR

Francisco Hidalgo Delgado
Universidad Politécnica de Valencia.

MIEMBROS DEL COMITÉ

Dr. D. Antonio Almagro Gorbea
Escuela de Estudios árabes del Consejo Superior de Investigaciones científicas

José Calvo López
Universidad de Cartagena

Cesare Cundari
Sapienza. Università di Roma

Carlos de San Antonio Gómez
Universidad Politécnica de Madrid

Ángela Garcia Codoñer
Universidad Politécnica de Valencia

Jorge García Valdecabres.
Universidad Politécnica de Valencia

Jorge Girbes Pérez
Universidad Politécnica de Valencia

Concepción López González
Universidad Politécnica de Valencia

Santiago Lillo Giner
Universidad Politécnica de Valencia

Jorge Llopis Verdú
Universidad Politécnica de Valencia

Alessandro Merlo
Facoltà di Architettura di Firenze

Pablo Navarro Esteve
Universidad Politécnica de Valencia

Juan Carlos Navarro Fajardo
Universidad Politécnica de Valencia

Ángeles Rodrigo Molina *Universidad Politécnica de Valencia*

Francisco Taberner Pastor.
Académico de la Real Academia de Bellas Artes de San Carlos

Arturo Zaragoza Catalán.
Académico de la Real Academia de Bellas Artes de San Carlos



COMITÉ ASESOR
PRESIDENTE

Santiago Lloréns Corraliza
Presidente de la Asociación de Profesores de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación APEGA. Universidad de Sevilla.

PRESIDENTE HONORÍFICO

José Luis Moreira Sánchez.
Presidente Honorífico de la Asociación de Profesores de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación APEGA. Presidente del Comité Organizador del VIII Congreso APEGA. Universidad Politécnica de Madrid

SECRETARIA

Mercedes Valiente López.
Secretaria de la Asociación de Profesores de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación APEGA. Universidad Politécnica de Madrid.

COMITÉ

Juan Jesús Gómez de Terreros *Secretario del Comité Organizador del I Congreso APEGA. Universidad de Sevilla.*

Jose Manuel Alonso López
Secretario del Comité Organizador del II Congreso APEGA. Universidad de La Laguna.

Felipe Monzón Peñate
Coordinador del II Congreso APEGA. Universidad de La Laguna.

Rafael Pérez Roel
Presidente del Comité Organizador del III Congreso APEGA. Universidade da Coruña.

Benet Meca Acosta
Secretario del Comité Organizador del IV Congreso APEGA. Universitat Politècnica de Catalunya.

Jesús María Orejón Lázaro
Presidente del Comité Organizador del V Congreso APEGA. Universidad de Burgos.

Fabián Gancía Carrillo
Presidente del Comité Organizador del VI Congreso APEGA. Universidad de Granada.

Antonio Miguel Trallero Sanz
Presidente del Comité Organizador del VII Congreso APEGA. Universidad de Alcalá.

Luis Sánchez-Cuenca López
Presidente del Comité Organizador del IX Congreso APEGA. Universitat de Girona.

Raquel Pérez del Hoyo
Presidenta del Comité Organizador del X Congreso APEGA. Universidad de Alicante.

Presentación

En el año 1991 se celebraron en Sevilla las "I Jornadas de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación". Nacieron como un encuentro de docentes universitarios relacionados con el Área de la Expresión Gráfica Arquitectónica que impartían docencia en las Escuelas Universitarias de Arquitectura Técnica de España. A los dos años se repitió el encuentro convertido en Congreso Nacional. Desde ese momento, cada dos años se ha venido celebrando este Congreso al amparo de la Asociación de Profesores de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación.

Este Congreso Internacional constituye una herramienta fundamental en la profundización de las relaciones científicas desarrolladas a lo largo de estos años y facilita el intercambio de información, de estrategias investigadoras, innovadoras y de transferencia de tecnología de carácter fundamental para la difusión de los resultados.

El lema del XI Congreso es: *investigación gráfica, representación arquitectónica* pretendiendo constatar la relación biunívoca existente entre los trabajos relacionados con el Área de Expresión Gráfica Arquitectónica y la investigación de la arquitectura.

En este Libro de Actas se recopilan las comunicaciones aceptadas por el Comité Científico tras un proceso de evaluación. Su contenido servirá para mantener vivo el intercambio de las experiencias y los resultados del Congreso APEGA VALENCIA 2012 fruto de los logros de un trabajo de años desarrollando proyectos de investigación en los que la Expresión Gráfica incide de manera determinante. Todos ellos vinculados a las actuaciones relacionadas con la edificación civil: la obra nueva, la intervención, rehabilitación, restauración y conservación del parque inmobiliario, la recuperación y conservación del patrimonio monumental, los levantamientos gráficos, la cartografía, la formación de bases de datos gráfica, la topografía, y las nuevas tecnologías así como la aplicación de estos resultados a la innovación docente.

Todo ello ha servido para poner de manifiesto la necesidad de seguir ahondando en los cambios sustanciales que se están produciendo en el ámbito del Área de Conocimiento de Expresión Gráfica en la Edificación a lo largo de estos últimos años.

El congreso se ha estructurado en tres líneas de interés que han abarcado los principales campos de investigación del área de la Expresión Gráfica: Línea I: La expresión gráfica en la investigación de la arquitectura; Línea II: Nuevas tecnologías aplicadas a la representación y gestión gráfica de la edificación; Línea III: Innovación docente de la expresión gráfica. El libro de Actas mantiene esta misma estructura de forma que las comunicaciones presentadas quedan agrupadas según estas tres líneas.

Valencia, cinco noviembre 2012

La Comisión de Organización del XI Congreso Internacional APEGA Valencia, 2012



Agradecimientos

A la Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación, al Ministerio de Economía y Competitividad, a la Universitat Politècnica de València, a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, al Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica de la UPV, a la Asociación Internacional *Forum Unesco Universidad y Patrimonio*, al Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio, al Ilustre Colegio de Arquitectos de Valencia y al ilustre colegio de Arquitectos Técnicos, Aparejadores e Ingenieros de Edificación de Valencia y a todos los que de una manera u otra han contribuido para que el Congreso fuese una realidad.

Por último un especial recuerdo al profesor Juan Manuel Raya Urbano, el primer presidente de la Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación, que fue el que impulsó y dio vida a estos congresos.

Valencia, cinco noviembre 2012

La Comisión de Organización del XI Congreso Internacional APEGA Valencia, 2012



ACTAS_ XI CONGRESO INTERNACIONAL DE
EXPRESIÓN GRÁFICA APLICADA A LA EDIFICACIÓN

INVESTIGACIÓN GRÁFICA, REPRESENTACIÓN ARQUITECTÓNICA

6

APEGA_ASOCIACIÓN SE PROFESORES DE EXPRESIÓN GRÁFICA APLICADA A LA
EDIFICACIÓN

Valencia. 29, 30 de noviembre y 1 de diciembre de 2012



ÍNDICE

LINEA 1

LA EXPRESIÓN GRÁFICA EN LA INVESTIGACIÓN DE LA ARQUITECTURA	21
ESTUDIOS SOBRE LA CÚPULA DEL TEMPLO DE MERCURIO EN BAIA (NÁPOLES)	23
Licinia ALIBERTI Miguel Ángel ALONSO RODRIGUÉZ Marco CANCIANI	
SURREALISMO Y BOVEDAS EN LA ARQUITECTURA MODERNA. LE CORBUSIER Y BONET CASTELLANA EN TORNO A GAUDÍ	33
Edith AROCA VICENTE, arquitecto, profesor asociado José María LOPEZ MARTINEZ, arquitecto, profesor asociado	
RED DE ALCANTARILLADO DE LA ANTIGUA FÁBRICA DE TABACOS DE SEVILLA	38
Antonio Manuel BARBA GARCÍA Daniel HERNÁNDEZ MACÍAS	
METODOLOGÍA PARA CONSERVACIÓN DE LA ARQUITECTURA QUE CREA EL ESCENARIO URBANO. LA CALLE GOBERNADOR VIEJO	48
Ángeles BENLLOCH CASTELLÓ Ana TORRES BARCHINO	
ARCHITETTURA DELL'INGANNO: ARTIFICI PROSPETTICI DEI QUADRATURISTI NELLA GRANDE DECORAZIONE DI ETÀ BAROCCA IN TOSCANA	56
Stefano BERTOCCI	
EI ALCÁZAR DE MADRID TRAZAS DE FORTALEZA EN EL PALACIO. ESTUDIO GRÁFICO COMPARADO	65
Enrique CASTAÑO PEREA	
NADA POR AQUÍ, ALGO POR ALLÁ... DEL DIBUJO DE LA NADA A LA NADA DE LA CONSTRUCCIÓN EN ALEJANDRO DE LA SOTA	73
Francisco Javier CORTINA MARUENDA	
ETODOLOGÍA GRÁFICA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL. EL DOCUMENTO CONSTRUIDO	80
Daniel CRESPO GODINO	
ANÁLISIS DE LAS PORTADAS DE FERIA DE SEVILLA: UNA ARQUITECTURA EFÍMERA PARA LA FIESTA	88
Pablo DÍAZ CAÑETE M ^º Dolores RINCÓN MILLÁN Antonio ÁVILA MONROY	
ORATORIO NUESTRA SEÑORA DEL MAR EN SALOU (TARRAGONA). ANTONIO BONET CASTELLANA Y JOSEP PUIG TORNÉ (1961)	99
José Ramón DOMINGO MAGAÑA	
ANÁLISIS TIPOLÓGICO DEL PROGRAMA CASE STUDY	107
Daniel ESGUEVILLAS CUESTA	
INVESTIGACION, LEVANTAMIENTO Y CATALOGACION DEL LOS VIAJES DE AGUA HISTORICOS DE ALCALA DE HENARES	115
Enrique José FERNANDEZ TAPIA Irene de BUSTAMANTE GUTIERREZ Fernando da CASA MARTÍN	
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ESPACIO POR REGISTRO DE IMÁGENES TÉRMICAS	125
Julio Enrique TAPIA GÓMEZ Fernando FARGUETA CERDÁ José FORNIELES LÓPEZ	
EL DIBUJO A MANO ALZADA COMO MÉTODO PARA LA COMPRESIÓN DE LA ARQUITECTURA VERNÁCULA	135
José FORNIELES LÓPEZ Fernando FARGUETA CERDÁ Julio Enrique TAPIA GÓMEZ	
LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA LUZ NATURAL EN EDIFICIOS ECLESIASTICOS. EL CASO DE SAN MIGUEL ARCANGEL DE MORON DE LA FRONTERA. SEVILLA	147
María Isabel GALVÁN LÓPEZ María del Rosario CHAZA CHIMENO	

LOS RECURSOS GRÁFICOS EN EL MANUSCRITO DE CANTERÍA ATRIBUIDO A PEDRO DE ALVIZ (BNE Ms 12686)	157
Ricardo GARCÍA BAÑO	
José CALVO LÓPEZ	
LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA TRIDIMENSIONAL EN LA SOLUCIÓN ESTRUCTURAL Y CONSTRUCTIVA DE CERCAS DE MADERA: LA CUBIERTA DE LA FACULTAD DE BIBLIOTECONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA	166
Antonio GARCÍA BUENO	
Francisca ASENSIO TERUEL	
Karina MEDINA GRANADOS	
GERMEN DE LA CATEDRAL	174
Pilar GIMENA CÓRDOBA	
LOS RELIEVES Y GRUPOS ESCULTORICOS, EN LA REPRESENTACION GRÁFICA DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO	181
Jorge GIRBÉS PÉREZ	
Ernesto FAUBEL CUBELLS	
Enrique HERNANDEZ MUÑOZ	
EL DIBUJO COMO HERRAMIENTA DE INVESTIGACIÓN: TIPOLOGÍA DE VIVIENDA EN LOS POBLADOS DIRIGIDOS. MADRID 1956-1959	187
M ^o del Puig GUILLEM GONZÁLEZ-BLANCH	
SECCIONES PLANAS DE SUPERFICIES RADIADAS: MÉTODO DE PLANO POR EL VÉRTICE	194
Daniel HERNÁNDEZ MACÍAS	
Francisco Ramón LOZANO MARTÍNEZ	
José Santiago LORENZO MARTÍN	
REPRESENTACIONES GRÁFICAS ARQUITECTONICAS EN LOS MANUSCRITOS DE LEONARDO DA VINCI. DUOMO DE MILAN	201
David HIDALGO GARCIA	
Juan Manuel SANTIAGO ZARAGOZA	
Sergio GARCIA DOMENECH	
Julián ARCO DIAZ	
Raúl SAUCEDO VARGAS	
LA REPRESENTACIÓN DEL ENTORNO NATURAL COMO HERRAMIENTA DE ANÁLISIS. EL PAISAJE Y ARQUITECTURA EN LA COSMOVISIÓN DE LOS ANTIGUOS MAYAS	210
José Luis HIGÓN CALVET	
Manuel MAY CASTILLO	
ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA GRANADINA	219
Lorena IÁÑEZ COSTELA	
Juan Carlos RODRÍGUEZ COBO	
LA DOCUMENTACIÓN GRÁFICA DE LOS PROYECTOS DE LOS INSTITUTOS LABORALES DE RAFAEL ABURTO RENOBLES EN ELCHE Y ORIHUELA	225
Ricardo IRLLES PARREÑO	
Raquel PÉREZ DEL HOYO	
MOMENTOS ICÓNICOS DEL DIBUJO DE ARQUITECTURA	234
Santiago LLORENS CORRALIZA	
DOCUMENTAR NUESTRO PATRIMONIO EN RUINA: EL CASO DE LAS IGLESIAS ROMÁNICAS DEL BAIX LLOBREGAT	247
Sonia LOEWE BARANGER	
Jordi XIQUES TRIQUELL	
LA IGLESIA DE SAN BARTOLOMÉ DE LA JANA EN CASTELLÓN	253
María Jesús MÁÑEZ PITARCH	
José Teodoro GARFELLA RUBIO	
Joaquín Angel MARTÍNEZ MOYA	
EL HORIZONTE EN LA MANO. EL PROCESO DE EXPRESIÓN EN LA OBRA DE JUAN NAVARRO BALDEWEG	261
Enrique MARTÍNEZ DÍAZ	
DIBUJANDO LA ARQUITECTURA OLVIDADA: LAS DEFENSAS MILITARES DE LA GUERRA DE 1936-39	268
Andrés MARTÍNEZ-MEDINA	
URBANISMO Y ARQUITECTURA ENTORNO AL 1900. LA INFLUENCIA DEL CONTEXTO INTERNACIONAL EN	



RAFAEL RIPOLLES CALVO	275
Juan MATEO GIRALDOS	
LA GEORREFERENCIACIÓN COMO BASE DE LA ORDENACIÓN TERRITORIAL. ESTABLECIMIENTO DE UNA RED GEODÉSICA CON TECNOLOGÍA GPS EN TEGUCIGALPA (HONDURAS)	287
Francisco MAZA VÁZQUEZ	
Antonio Miguel TRALLERO SANZ	
LOS POBLADOS FORTIFICADOS EN LA VALLERIANA (PESCIA, PT, ITALIA). ANÁLISIS DE LA FORMA URBANA DEL CASTELLO DI PIETRABUONA	296
Alessandro MERLO	
Pablo RODRÍGUEZ-NAVARRO	
EL USO DE NUEVAS HERRAMIENTAS GRÁFICAS EN LA INTERVENCIÓN PATRIMONIAL: LA REHABILITACIÓN DE LAS ANTIGUAS CARNICERÍAS REALES DEL SIGLO XVI DE PORCUNA (Andalucía)	301
Pablo Manuel MILLÁN MILLÁN	
ADECUACIONES GEOMETRICAS ORGANICAS APLICADAS AL DISEÑO DE CUBIERTAS RETRACTILES	310
Carlos César MORALES GUZMÁN	
UNA APROXIMACIÓN A NUEVOS MODELOS DE CATALOGACIÓN DE PLANOS Y DIBUJOS. PROCESO Y SISTEMÁTICA EMPLEADA EN LA CATEDRAL DE SEVILLA	314
Juan José MOYANO CAMPOS	
David MARÍN GARCÍA	
Fernando RICO DELGADO	
Pedro BARRERO ORTEGA	
María Dolores RINCÓN MILLÁN	
LAS PECHINAS DE LAS BÓVEDAS BAÍDAS EN EL MANUSCRITO DE ALONSO DE VANDELVIRA	321
Pau NATIVIDAD VIVÓ	
LA GEOMETRÍA DE LA BÓVEDA POR CRUCEROS DE EL SALVADOR DE CARAVACA DE LA CRUZ	329
Pau NATIVIDAD VIVÓ	
José CALVO LÓPEZ	
BÓVEDAS DE LA IGLESIA DEL COLEGIO-SEMINARIO DE CORPUS CRISTI DE VALENCIA	337
Juan Carlos NAVARRO FAJARDO	
Luis PALMERO IGLESIAS	
Jorge Francisco MARTÍNEZ PIQUERAS	
NERVADURAS DE LAS BÓVEDAS RENACENTISTAS VALENCIANAS. DISEÑO DE PLANTILLAS	346
Juan Carlos NAVARRO FAJARDO	
LA ENSEÑANZA DEL DIBUJO ARQUITECTÓNICO CON DISEÑO DE NUEVOS MODELOS, A TRAVÉS DE LAS PLATAFORMAS DE EDUCACIÓN VIRTUAL	355
José Ramón OSANZ DIAZ y equipo Pie-Dibarq-04-09-10,05-10-11,06-11-12	
LOS QUIOSCOS DE MUSICA COMO APLICACIÓN A LA ENSEÑANZA DE LA REPRESENTACIÓN DE LA ARQUITECTURA CONSTRUIDA	361
José OSANZ Y DIAZ	
ANÁLISIS DEL ESPACIO CENTRAL EN LAS VIVIENDAS DE FERNANDO HIGUERAS, A TRAVÉS DE SU OBRA GRÁFICA	367
Marta PEREZ DE LOS COBOS CASSINELLO	
Santiago LILLO GINER	
Ángeles RODRIGO MOLINA	
Gonzalo DÍAZ-PINÉS PÉREZ	
IL DISEGNO DELL'IMPERFETTO. ESIGENZE DESCRITTIVE PER L'ANALISI ARCHITETTONICA	375
Sandro PARRINELLO	
EL CUERPO MATERIAL GRÁFICO, PATRIMONIO Y MEMORIA: LA MAQUETA DE LA IGLESIA DE SAN JUAN BAUTISTA DE ALICANTE	382
Raquel PÉREZ DEL HOYO	
Ricardo IRLES PARREÑO	
Juan Ignacio FERREIRO PRIETO	
María Elia GUTIÉRREZ MOZO	
EVOLUCION HISTORICA DE LA PLANIMETRIA EN INGENIERIA DURANTE EL SIGLO XX	394
M ^o Dolores RINCÓN MILLÁN	
Juan RINCÓN MILLÁN	
Pablo DÍAZ CAÑETE	
Natividad FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ	
LOS ORÍGENES DEL CARMEN BLANCO	405
Esteban José RIVAS LÓPEZ	

NUEVAS CARTOGRAFÍAS BASADAS EN LA MULTIESCALARIDAD Y EN LA INCLUSIÓN DE LA VARIABLE TIEMPO.....	411
Juan Luis RIVAS NAVARRO	
LA ACUARELA EN LOS PROCESOS DE IDEACIÓN ARQUITECTÓNICA.....	420
Manuel Alejandro RÓDENAS LÓPEZ	
Miguel GARCÍA CÓRDOBA	
Pedro Miguel JIMÉNEZ VICARIO	
María José MUÑOZ MORA	
EL CANON DE SIMÓN GARCÍA. ENTRE EL RITO Y LA GEOMETRÍA.....	426
F. Javier RODRÍGUEZ MÉNDEZ	
Higinio RAMOS CALLE	
Jesús María GARCÍA GAGO	
EL PLANO DE CARTAGENA, SU ENSANCHE Y SUS INMEDIACIONES POR JULIÁN SÁEZ.....	434
Diego ROS MCDONNELL	
Frutos RAMÍREZ HERNÁNDEZ	
Manuel A. RÓDENAS LÓPEZ	
VENDIENDO SUEÑOS. EXPRESIÓN GRÁFICA Y PUBLICIDAD EN LAS CASAS BARATAS DE CARTAGENA. 1928	442
Manuel A. RÓDENAS LÓPEZ	
Diego ROS MCDONNELL	
EL PROTOCOLO DE GRIETAS EN EL ESTUDIO PATOLÓGICO DEL EDIFICIO	450
Antonio RUIZ-SÁNCHEZ	
Daniel MARTÍN VARGAS	
Eva LAO GARCÍA	
EL CONOCIMIENTO LA ARQUITECTURA TRADICIONAL DE NUESTROS PUEBLOS A TRAVÉS DE LA EXPRESIÓN GRÁFICA: CONVENIO UJI – AYUNTAMIENTO VISTABELLA, CASTELLÓN	461
Beatriz SÁEZ RIQUELME	
Santa MORRO RUEDA	
Manuel CABEZA GONZALEZ	
LAS TROMPAS EN EL MANUSCRITO LLAMADO DE JUAN DE AGUIRRE (BNE MSS12744)	468
Carmen SALMERON AVELLANEDA	
ESCALERAS SUSPENDIDAS DE ARNE JACOBSEN.....	477
Albert SAMPER SOSA	
Blas HERRERA GÓMEZ	
SOBRE UNA APLICACIÓN MODULAR A LA DECONSTRUCCIÓN DE LA ESFERA.....	485
Luis SÁNCHEZ-CUENCA LÓPEZ	
LA GEOMETRÍA DE LAS SUPERFICIES ARQUITECTÓNICAS: ANÁLISIS DE LA CIUDAD DE LAS ARTES Y DE LAS CIENCIAS DE VALENCIA	491
Francisco Javier SANCHIS SAMPEDRO	
ESTUDIO DE LOS PROYECTOS ARQUITECTONICOS EN LA EPOCA DE JOSE GRASES RIERA.....	500
Mª del Carmen SANZ CONTRERAS	
Mercedes VALIENTE LÓPEZ	
DIFUSIÓN DE TRABAJOS REALIZADOS EN LA ESCUELA POLITÉCNICA DE CÁCERES SOBRE EL LEVANTAMIENTO DE EDIFICIOS.....	507
Juan SAUMELL LLADÓ	
JAIME ROIG: LA COTA CERO	511
Carla SENTIERI OMARREMENTERÍA	
Raul CASTELLANOS GÓMEZ	
EL TRAZADO DEL TEATRO ROMANO DE MÉRIDA.....	519
Antonio Manuel SINTAS MARTÍNEZ	
GEOMETRÍA Y CONSTRUCCIÓN EN LA CAPILLA REAL DEL CONVENTO DE SANTO DOMINGO. VALENCIA..	527
Alba SOLER ESTRELA	
José Teodoro GARFELLA RUBIO	
Manuel CABEZA GONZALEZ	
LA IGLESIA CONVENTUAL DE LA PIEDAD	535
Antonio Miguel TRALLERO SANZ	
Francisco MAZA VÁZQUEZ	
EL TEMPLO PARROQUIAL DE SANTIAGO GUADALAJARA	543
Antonio Miguel TRALLERO SANZ	
LOS DIBUJOS DE LA GENERACIÓN ORGÁNICA A TRAVÉS DE SUS PROYECTOS FINALES DE CARRERA	550



Ángel VERDASCO NOVALVOS EL LEVANTAMIENTO GRÁFICO COMO BASE DEL PROYECTO DE INTERVENCIÓN. EL PORTAL DE QUART DE VALENCIA	556
Pedro VERDEJO GIMENO José Manuel GANDÍA ROMERO EL DINAMISMO DE LAS SOMBRAS Y SU EFECTO GEOMÉTRICO	561
Amparo VERDÚ VÁZQUEZ Valentina SIEGFRIED VILLAR Sonia DELGADO BERROCAL DE LA ARQUEOLOGÍA AL ORDEN CONGLOMERADO. NOTAS AL PROCESO GRÁFICO DE MIRALLES Y TAGLIABUE EN RELACIÓN A LA REHABILITACIÓN DEL AYUNTAMIENTO DE UTRECHT.	566
Isabel ZARAGOZA DE PEDRO Jesús ESQUINAS DESSY	

LÍNEA 2

NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA REPRESENTACIÓN Y GESTIÓN GRÁFICA DE LA EDIFICACIÓN.....574

NUEVAS TECNOLOGÍAS Y MÉTODOS TRADICIONALES EN EL LEVANTAMIENTO DE PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO	575
José Lázaro AMARO MELLADO María AGUILAR ALEJANDRE José Antonio BARRERA VERA LA HERRAMIENTA DIGITAL APLICADA A LA REPRESENTACIÓN DE LA CIUDAD FLOTANTE	583
Pedro António JANEIRO Mauro SANTORO CAMEPLLO Luciana TEPERINO DE ARAÚJO DOCUMENTACIÓN GRÁFICA DEL PATRIMONIO: UN PASO ADELANTE	590
José Antonio BENAVIDES LÓPEZ José Antonio BARRERA VERA José María MARTIN CIVANTOS DIGITALIZACION DE EDIFICIOS DE FORMA AUTOMÁTICA Y SEMIAUTOMÁTICA MEDIANTE LA FORMACIÓN DE DSM. EVALUACION METODOLÓGICA Y PROPUESTAS DE ACTUACION.	595
Jose Luis CABANES GINES Elena GARCIA-GELA BERT RIVERO_Toc339908958 LEVANTAMIENTO DE UN EDIFICIO MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL PROBLEMA DE LA GALERÍA DE ARTE	598
Elena CABRERA REVUELTA Borja MOLERO ALONSO José Antonio BARRERA VERA María José CHÁVEZ DE DIEGO SURVEY FOR THE DOCUMENTATION OF AN HERITAGE OF STRATEGIC IMPORTANCE FOR THE STORY OF MANKIND: THE CASES OF THE CONVENT OF THE BEATITUDES IN TABGHA AND OF THE SYNAGOGUE OF CAPHARNAUM (ISRAEL)	614
Cesare CUNDAR Mariella LA MANTIA Giovanna CRESCIANI Gian Carlo CUNDARI Gian Maria BAGORDO Dominador BAUTISTA SURVEY FOR THE DOCUMENTATION OF AN HERITAGE OF STRATEGIC IMPORTANCE FOR THE STORY OF MANKIND: THE CASES OF ST. PETER'S CHURCH IN TIBERIAS.	619
Cesare CUNDARI Mariella LA MANTIA María Rosaría CUNDARI Dominador BAUTISTA SURVEY FOR THE DOCUMENTATION OF AN HERITAGE OF STRATEGIC IMPORTANCE FOR THE STORY OF MANKIND: THE CASE OF THE SHRINE OF THE PREMACY OF PETER IN TABGHA (ISRAEL)	622
Cesare CUNDARI Mariella LA MANTIA Giovanna CRESCIANI Gian Carlo CUNDARI	

María Rosarí­a CUNDARI	
Piero BARLOZZINI	
Dominador BAUTISTA	
RECONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS BASADAS EN B-SPLINES RACIONALES NO UNIFORMES. EL CASO CONCRETO DEL MERCADO DE FÉLIX CANDELA EN MÉJICO, 1956	627
Federí­co Luis DEL BLANCO GARCÍA	
MODELADO TRIDIMENSIONAL Y TÉCNICAS GRÁFICAS APLICADAS AL ESTUDIO DE LA CALIDAD EN EL PATRIMONIO MONUMENTAL	636
Daniel ESTEVEZ RUIZ	
María del Mar CENALMOR SAEZ	
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ESPACIO POR REGISTRO DE IMÁGENES TÉRMICAS	646
Julio Enrique TAPIA GÓMEZ	
Fernando FARGUETA CERDÁ	
José FORNIELES LÓPEZ	
LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO HERRAMIENTA DE REPRESENTACIÓN Y GESTIÓN DE LA EDIFICACIÓN	655
Ernesto FAUBEL CUBELLS	
Jorge GIRBÉS PÉREZ	
Enrí­c HERNÁNDEZ MUÑOZ	
DISEÑO Y FABRICACIÓN DIGITAL: GEOMETRÍ­AS INTELIGENTES PARA CONSTRUIR FORMAS COMPLEJAS	660
Ángel José FERNÁNDEZ ÁLVAREZ	
SURVEYING AND REPRESENTING AN HISTORICAL COMPLEX FAÇADE: FROM THE POINT CLOUD TO THE GRAPHIC RESEARCH	669
Mariateresa GALIZIA	
Cettina SANTAGATI	
Graziana D'AGOSTINO	
DOCUMENTACIÓN Y REGISTRO AVANZADO EN ESTRATIGRAFÍA ARQUEOLÓGICA: MÉTODO DE LOS FOTOPERFILES	678
Gabriel GRANADO CASTRO	
Joaquín AGUILAR CAMACHO	
María Dolores NOGUERO HERNÁNDEZ	
ESTÁTICA GRÁFICA IMPLEMENTADA EN ENTORNOS CAD Y ORIENTADA AL DISEÑO DE ESTRUCTURAS ARQUITECTÓNICAS	688
Arianna GUARDIOLA VILLORA	
Agustín PEREZ GARCIA	
APLICACIÓN WEB DE RESULTADOS DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CON VISTAS PANORÁMICAS	695
Mercedes JIMÉNEZ MUÑOZ	
ARQUITECTURA EFÍMERA EN LA FERIA DE ABRIL DE SEVILLA. "LA PORTADA"	701
Manuel Jesú­s JIMÉNEZ VARO	
Miguel Ángel PEREZ CABO	
GESTIÓN GRÁFICA AVANZADA DE EDIFICACIONES ANTIGUAS	710
Isabel MARTÍ­NEZ-ESPEJO ZARAGOZA	
Francisco JUAN VIDAL	
DATOS: LOS HECHOS SON SAGRADOS	715
Miguel MESA DEL CASTILLO CLAVEL	
Juan Carlos CASTRO DOMÍ­NGUEZ	
CAPITELES SEVILLANOS. TÉCNICAS AVANZADAS PARA SU DOCUMENTACIÓN GRÁFICA	724
Borja MOLERO ALONSO	
Elena CABRERA REVUELTA	
José Antonio BENAVIDES LÓPEZ	
Ruth PINO SUÁREZ	
José Antonio BARRERA VERA	
VALENCIA	734
Gaspar MUÑOZ COSME	
Marta MESTRE SABATER	
Andrea PEIRÓ VITORIA	
Mireia PEREPÉREZ ESPÍ	
Beatriz MARTÍ­N DOMÍ­NGUEZ	
Nuria MATARREDONA DESANTES	



LA INTEROPERABILIDAD DEL MODELO VIRTUAL DE INFORMACIÓN	743
Juan Enrique NIETO JULIÁN	
David MARÍN GARCÍA	
Fernando RICO DELGADO	
Juan José MOYANO CAMPOS	
LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA AL SERVICIO DE LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE MODELOS DE LA REALIDAD TERRITORIAL Y ARQUITECTÓNICA	751
María Dolores NOGUERO HERNÁNDEZ	
Francisco Ramón LOZANO MARTÍNEZ	
Joaquín AGUILAR CAMACHO	
FOTOGRAMETRÍA DE OBJETO CERCANO COMO TÉCNICA DE DOCUMENTACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO	760
Francisco Jesús RAMOS SÁNCHEZ	
Joaquín AGUILAR CAMACHO	
Beatriz GARCÍA MORENO	
José Luis VALEIRAS JAÉN	
EXPRESIÓN GRÁFICA E INSTRUMENTOS URBANÍSTICOS Y TERRITORIALES EN LOS ÚLTIMOS AÑOS	769
Miguel REDONDO REDONDO	
TRATAMIENTO GRÁFICO DE IMÁGENES GENERADAS CON CÁMARAS TERMOGRÁFICAS CON TECNOLOGÍA DE INFRARROJOS (IR) AL SERVICIO DEL MAPEADO DE ANOMALÍAS EN FACHADAS DE EDIFICIOS HISTÓRICOS	775
Fernando RICO DELGADO	
Juan José MOYANO CAMPOS	
David MARÍN GARCÍA	
Juan RINCÓN MILLÁN	
Pedro FERNÁNDEZ DE VALDERRAMA APARICIO	
FOTOGRAMETRÍA DIGITAL AUTOMATIZADA (SFM) CON APOYO AÉREO DE PROXIMIDAD	783
Pablo RODRÍGUEZ-NAVARRO	
TECNOLOGÍA BIM: Del dibujo literal al dibujo paramétrico	790
María ROLDAN MENDEZ	
Norena MARTIN-DORTA	
Jorge DE LA TORRE CANTERO	
CÓDIGOS GENÉTICOS DE LAS FAVELAS - UN ENFOQUE GENERATIVO A LOS PROYECTOS DE VIVIENDA POPULAR	798
Elisabetta ROMANO	

LINEA 3

INNOVACIÓN DOCENTE DE LA EXPRESIÓN GRÁFICA	807
LA METODOLOGÍA DEL ABP EN UN PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE	809
María Josefa AGUDO MARTÍNEZ	
GEOMETRÍA, CAD 3D Y APRENDIZAJE: PRECAUCIONES CONCEPTUALES	815
María AGUILAR ALEJANDRE	
Roberto NARVÁEZ RODRÍGUEZ	
IMPLANTACIÓN DEL E.E.S. EN LA ASIGNATURA DE TOPOGRAFÍA Y REPLANTEOS DE LA TITULACIÓN DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE SEVILLA. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS MEDIANTE COMPETENCIAS ACADÉMICO-PROFESIONALES	824
Joaquín AGUILAR CAMACHO	
Gabriel GRANADO CASTRO	
Rafael Miguel ESTEVE PARDAL	
Francisco Ramón LOZANO MARTÍNEZ	
NEW WAYS OF DRAWING: INNOVATION, EXPRESSION, LEARNING	832
Pedro António ALEXANDRE JANEIRO	
Ivo MARTINS COVANEIRO	
DESDE ARRIBA/ABAJO. DESDE FUERA/DENTRO	839
Aïxu AMANN ALCOCER	
Gonzalo PARDO DÍAZ	

LA DOCENCIA DEL DIBUJO EN EL PRIMER CURSO DE IMPLANTACIÓN DEL CRÉDITO EUROPEO DE LA ENSEÑANZA DE ARQUITECTURA EN LA E.T.S. DE ARQUITECTURA DE SEVILLA: SU APLICACIÓN PARA LA ADQUISICIÓN DE COMPETENCIAS BÁSICAS Y LA DIVERSIDAD DE PROYECTOS DOCENTES.	846
Federico ARÉVALO RODRÍGUEZ	
Rosa BENÍTEZ BODES	
Pilar GIMENA CÓRDOBA	
LA INTUICIÓN DEL MÓDULO: UNA HERRAMIENTA DE APRENDIZAJE	855
Amparo BERNAL LÓPEZ-SANVICENTE	
LOS SISTEMAS GENERATIVOS EN LA CREATIVIDAD ARQUITECTÓNICA : EXPERIENCIAS Y APLICACIONES DE HERRAMIENTAS DIGITALES EN LOS TALLERES DE DISEÑO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA - ECUADOR.	864
Xavier BURNEO VALDIVIESO	
GRAPHIC REPRESENTATION AS LINK GENERATOR OF SOCIAL CHANGE IN PERCEPTION ON CAPITAL MINOR	870
Carmen CÁRCCEL GARCÍA	
THE TRADITIONAL DESIGN, TOOL AND A HALF PREPARATORY TO NEW FORMS OF EXPRESSION GRAPHICS	877
Laura CARNEVALI	
Fabio LANFRANCHI	
COORDINACIÓN DESDE LA GEOMETRÍA: UNA EXPERIENCIA DE INNOVACIÓN DOCENTE ENTRE DIBUJO Y MATEMÁTICAS	884
Enrique CASTAÑO PEREA	
Manuel de MIGUEL	
Alberto LASTRA	
"NEW STRATEGIES IN THE TEACHING OF TECHNICAL PROJECTS IN BUILDING ENGINEERING"	892
María del Rosario CHAZA CHIMENO	
Isabel GALVÁN LÓPEZ	
LA PROYECCIÓN CÓNICA APLICADA A LA RESTITUCIÓN 3D DE ELEMENTOS ARQUITECTÓNICOS A PARTIR DE FOTOGRAFÍAS	897
Juan CISNEROS VIVÓ	
Pedro CABEZOS BERNAL	
HACIA LA INNOVACIÓN DISRUPTIVA EN EDUCACIÓN: EL APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS (PBL) APLICADO A LAS ENSEÑANZAS TÉCNICAS UNIVERSITARIAS. CÓMO ENSEÑAR DIBUJO TÉCNICO SIN NECESIDAD DE CROQUIZAR BANCOS DE PASILLO.	909
Enrique DAVID LLACER	
REDEFINICIÓN DE COMPETENCIAS PARA GEOMETRÍA DESCRIPTIVA EN EL ENTORNO DE LA EDUCACIÓN BASADA EN COMPETENCIAS	916
Rafael Miguel ESTEVE PARDAL	
Francisco Ramón LOZANO MARTÍNEZ	
Gabriel GRANADO CASTRO	
EDUCACION PARA EL DESARROLLO DESDE LA TOPOGRAFIA	922
Daniel ESTEVEZ RUIZ	
María del Mar CENALMOR SAEZ	
ESTRATEGIA DOCENTE 4.0 EN LA ENSEÑANZA DEL DIBUJO A MANO ALZADA EN EXPRESIÓN GRÁFICA. CASO DE LA UNIVERSITAT DE LES ILLES BALEARS Y SU APLICACIÓN A OTROS CENTROS Y MATERIAS RELACIONADAS CON LA EXPRESIÓN GRÁFICA. EDUCACIÓN 4.0	932
Antonio FERNÁNDEZ-COCA	
EVALUACIÓN Y APRENDIZAJE COLABORATIVO EN LOS DIBUJOS DE CROQUIS	944
Víctor GAMERO BERNAL	
EL MIEDO AL LÁPIZ	947
Fco. Javier GARCIA RODRIGUEZ	
Manuel VALVERDE BROS	
IMPLANTACIÓN DE ASIGNATURAS GRÁFICAS DESDE LA FILOSOFÍA DEL ESPACIO EUROPEO DE EDUCACIÓN SUPERIOR A TRAVÉS DE UN PROYECTO LITERARIO	952
José Teodoro GARFELLA RUBIO	
María Jesús MAÑEZ PITARCH	
Joaquín Ángel MARTÍNEZ MOYA	
Alba SOLER ESTRELA	



EL PROYECTO FINAL DE GRADO DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN EN LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. LA EXPRESIÓN GRÁFICA Y SU ADECUACIÓN EN LA MODALIDAD DEL PROYECTO CIENTÍFICO-TÉCNICO.	958
M. Teresa GIL PIQUERAS	
ADAPTACION AL ESPACIO EUROPEO DE EDUCACION SUPERIOR DE LAS ASIGNATURAS DE GEOMETRIA DESCRIPTIVA, DIBUJO ARQUITECTONICO Y DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR DE ARQUITECTURA TECNICA AL TITULO DE GRADO.	968
David HIDALGO GARCIA	
Julián ARCO DIAZ	
Raúl SAUCEDO VARGAS	
EL VIDEO COMO APOYO A LA DOCENCIA DEL DIBUJO ARQUITECTÓNICO.	972
Sonia IZQUIERDO ESTEBAN	
DISEÑO Y DESARROLLO DE VIDEOTUTORIALES PARA LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA EXPRESIÓN GRÁFICA	978
Mercedes JIMÉNEZ MUÑOZ	
TECNOLOGÍA SINCRÓNICA	982
Pablo J. JUAN GUTIÉRREZ	
INFLUENCIA DEL EMPLEO DE LAS NN.TT. EN EL DESARROLLO PROFESIONAL DEL DOCENTE UNIVERSITARIO. ESTUDIO DE CASOS.	989
Manuel José LEÓN BONILLO	
EL NUEVO ENTORNO DE LA GEOMETRÍA DESCRIPTIVA DERIVADO DE LA APLICACIÓN DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS A LA DOCENCIA	998
Francisco Ramón LOZANO MARTÍNEZ	
Joaquín AGUILAR CAMACHO	
Daniel HERNÁNDEZ MACÍAS	
Gabriel GRANADO CASTRO	
DISEÑANDO ENTORNOS DE APRENDIZAJE CONSTRUCTIVISTAS (EAC) EN LAS ASIGNATURAS: GEOMETRÍA DESCRIPTIVA I Y TOPOGRAFÍA Y REPLANTEOS. LA ACCIÓN TUTORIAL EN LOS "EAC".	1005
Pablo LUCENA LEÓN	
THE IMPORTANCE OF SKETCHING IN THE ACADEMIC SUBJECT OF CONSTRUCTION	1015
Francisco MARTÍNEZ RUIZ	
Rosario CERVERA DUART	
María del Mar APARISI RODRIGUEZ	
LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO TERRESTRE. TÉCNICA DE INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO	1020
Francisco MAZA VÁZQUEZ	
Antonio Miguel TRALLERO SANZ	
APRENDER GEOMETRÍA APLICADA EN EL SIGLO XXI: REALIDAD Y CONTEXTO	1027
Roberto NARVÁEZ RODRÍGUEZ	
María AGUILAR ALEJANDRE	
EXPERIENCIA DOCENTE EN LA EXPRESIÓN DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO (Presentaciones Interactivas de Modelos)	1038
Juan Carlos RODRÍGUEZ COBO	
EL MAPA EN EL ESPEJO. UNA PROPUESTA PARA AMPLIAR (Y MEJORAR) LA DOCENCIA GRÁFICA TRADICIONAL	1043
Concepción RODRIGUEZ MORENO	
PROPUESTA DOCENTE PARA ANÁLISIS DE FORMAS ARQUITECTÓNICAS: CONCEPTUALIZACIÓN A PARTIR DE LOS MOVIMIENTOS ARTÍSTICOS DEL S. XX	1050
Juan SERRA LLUCH	
Manuel GIMÉNEZ RIBERA	
INCIDENCIAS EN LA EXPRESIÓN GRÁFICA APLICADA A LA EDIFICACIÓN DEL SERVICIO PROFESIONAL DE MONITORIZACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN EL CONTEXTO DEL PROJECT MANAGEMENT	1056
Pedro FDEZ.-VALDERRAMA APARICIO	
Juan Enrique NIETO JULIÁN	
Luis RIESCO LEAL	
IMAGINARIOS ARQUITECTÓNICOS, BREVE INTRODUCCIÓN	1063
David VALVERDE CANTERO	

POSTERS	1071
ORATORIO NUESTRA SEÑORA DEL MAR EN SALOU (TARRAGONA). ANTONIO BONET Y JOSEP PUIG TORNÉ	1073
Jose Ramon DOMINGO MAGAÑA	
LA NUEVA FACHADA DE LA CIUDADELA DE VALENCIA. EL CUARTEL DE ARTILLERIA (1868-1956)	1075
Santiago LILLO GINER	
Marta PEREZ DE LOS COBOS CASSINELLO	
Ángeles RODRIGO MOLINA	
TRAZAS DE LA CÚPULA DE LA IGLESIA DEL PATRIARCA DE VALENCIA	1077
Juan Carlos NAVARRO FAJARDO	
Luis PALMERO IGLESIAS	
Jorge Francisco MARTINEZ PIQUERAS	
IL DISEGNO DELLE ARCHITECTURE MILITARI. LE TORRI COSTIERE SPAGNOLE DEL CINQUECENTO	1079
Sandro PARRINELLO	
Silvia BERTACCHI	
SUPERFICIES DEL ÁGORA	1081
Pau RUIZ TAMARIT	
ANFORE 3D: TALLER PARA LA MEJORA DE LAS HABILIDADES ESPECIALES	1083
Jorge de la TORRE CANTERO	
Jose Luis SAORIN PEREZ	
Norena MARTIN DORTA	
Rosa E. NAVARRO TRUJILLO	
ENTORNOS BIM PARA EL ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA	1085
Norena MARTIN DORTA	
Jorge de la TORRE CANTERO	
Jose Luis SAORIN PEREZ	
LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA EDIFICACIÓN: APLICACIÓN PRÁCTICA DE LOS SISTEMAS DE REPRESENTACION	1087
Jordi LLORET Y BOSCH	
Francisco Javier SANCHIS SAMPEDRO	
EL PORTFOLIO DEL PROYECTO Y LA EXPRESIÓN GRAFICA	1091
Carla SENTIERI OMARREMENTERÍA	
Débora DOMINGO CALABUIG	
CASTILLOS DEL VALLE DEL PALANCIA	1093
Simeón COUTO LÓPEZ	
Concepción LÓPEZ GONZÁLEZ	
Jorge GARCÍA VALLDECABRES	



LÍNEA 1

21

LA EXPRESIÓN GRÁFICA EN LA INVESTIGACIÓN DE LA ARQUITECTURA



ESTUDIOS SOBRE LA CÚPULA DEL TEMPLO DE MERCURIO EN BAIÁ (NÁPOLES).

Licinia ALIBERTI
Universidad Europea de Madrid
Departamento de Proyectos y Representación de la Arquitectura

Miguel Ángel ALONSO RODRIGUÉZ
Universidad Politécnica de Madrid
Departamento de Ideación Gráfica Arquitectónica

Marco CANCIANI
Università degli Studi Roma Tre
Dipartimento di Progettazione e Studio dell'Architettura

Abstract

The studies on the ancient construction are highly based on the practice of architectural survey. In the present research, the graphical restitution of the chosen model represents the basis for the analysis of its geometry and construction.

The so called Temple of Mercury is a circular plan Roman building with a hemispherical dome made in *opus caementicium* with a diameter value of 21.5 meters. The building of the 1st century A.D is placed in the archeological area of Baia, near Naples.

The study of its dome is a motivating issue due to its specific geometry, its status of conservation and its direct relation to the other Roman classical domes, specially the Pantheon's, and there exist very few graphical representations of it in the scientific literature.

The present study applies the method of convergent digital photogrammetry to develop a new survey. As far as it's concerned this method has never been published for this temple before.

INTRODUCCIÓN

El estudio de los edificios del pasado requiere de un trabajo de documentación pudiendo llegar a ocupar un papel fundamental la práctica del levantamiento arquitectónico. En este trabajo de investigación una documentación gráfica exhaustiva resulta necesaria para poder formular algunas consideraciones sobre el modelo. Para realizar el levantamiento de la cúpula del Templo de Mercurio aplicamos el método de la fotogrametría digital convergente. La posibilidad de trabajar con imágenes generadas por cámaras fotográficas no métricas, la simplicidad de las herramientas informáticas que no prevén ningún instrumento específico de alta definición, la economía del sistema completo, la facilidad del uso del software, hacen de la fotogrametría digital convergente una herramienta muy útil en el estudio de la arquitectura. En el presente trabajo veremos como la expresión gráfica del modelo elegido desarrolla una función esencial en el análisis de su forma, geometría y construcción.

El llamado Templo de Mercurio es un edificio de planta circular de 21,40 m de diámetro cubierto con una cúpula esférica realizada en *opus caementicium* que nos ha llegado prácticamente sin modificaciones. El edificio construido en la primera mitad del siglo I d.C se sitúa en el área arqueológica de Baia, en las proximidades de Pozzuoli cerca de Nápoles en una zona de carácter volcánico, y el propio golfo de Baia de forma semicircular es el resto de un antiguo cráter volcánico de explosión. Esta especial conformación del terreno favoreció la construcción de salas termales debido a la presencia de fuentes naturales de aguas calientes. La geometría de los espacios de planta circular cubiertos con bóvedas esféricas era particularmente indicada para usos termales gracias a su capacidad de conservación de la temperatura debido a la óptima relación entre volumen abarcado y superficie envolvente. Algunas interpretaciones indican que esta era la sala para *sudationes*, el *laconicum* de las termas (Sgobbo 1934), mientras que la teoría más acreditada la define como una grande *natatio*, una piscina para baños de inmersión (Maiuri 1930). Esta última hipótesis está corroborada por la presencia en el área contigua de una fuente termal de agua caliente. Según Rakob (1988) es admisible la teoría de que inicialmente la *natatio* fuese una piscina abierta delimitada únicamente por el muro perimetral cilíndrico y que sucesivamente se haya cubierto con la cúpula semiesférica.

La presencia en la zona de materiales de carácter volcánico útiles para la construcción en *opus caementicium* ofreció la posibilidad de experimentar la realización de bóvedas de formas variadas y de tamaño considerable para la época. El descubrimiento de las propiedades hidráulicas de la arena puzolanica originaria de esta región determinó las innovaciones más relevantes en la técnica constructiva romana. En el mismo complejo arqueológico donde se sitúa el Templo de Mercurio encontramos una pequeña sala octagonal cubierta con una bóveda de paraguas de 5,9m de diámetro, el llamado Templo de Diana cubierto con una bóveda ojival de 29,9m de diámetro, el llamado Templo de Venere con una bóveda esférica de 26,3m de diámetro. A poca



distancia del área termal de Baia subsisten los restos de otro edificio de planta circular cubierto con una cúpula esférica, el llamado Templo de Apolo, que alcanzaba los 36m de diámetro (Lucchini 1996), una medida comparable con los 43,6m del Pantheon en Roma.

La posibilidad de estudiar la construcción en su totalidad está limitada por las condiciones de accesibilidad a la misma. La zona geológica en la que se sitúa, conocida como *Campi Flegrei*, sufre el fenómeno del bradisismo, progresivo hundimiento del terreno, y consecuente ascenso relativo del nivel freático que es variable según las estaciones del año y la climatología. Sgobbo(1934) afirma que la altura del edificio iguala el diámetro del mismo siguiendo las proporciones del Pantheon, por lo tanto el nivel del agua se encontraría en la actualidad alrededor de siete metros por encima del suelo original. La estancia copulada presenta un relleno irregular hasta una cota próxima al nivel freático. El muro perimetral circular está enterrado la mitad de su altura y sobre él se eleva, sin cornisa alguna, la cúpula en la que se abren cuatro ventanas dispuestas regularmente situadas a media altura y un óculo en su coronación. La sala, en la actualidad, es accesible a través de una abertura realizada en época moderna abierta en el muro circular y que comunica con una sala rectangular cubierta con una bóveda de cañón.

El Templo de Mercurio es un edificio poco estudiado. En la actualidad, las publicaciones sobre las bóvedas clásicas romanas habitualmente lo mencionan pero en cambio son muy escasos los estudios específicos sobre este edificio tan relevante para la comprensión de la evolución de la construcción romana en general y del uso del *opus caementicium* en particular.

El estudio sobre el Templo de Mercurio se enlaza a una investigación más amplia que estamos desarrollando sobre las cúpulas clásicas romanas de planta circular con particular atención al Pantheon. En algunos de los ejemplos analizados aplicamos el método de la fotogrametría digital convergente para obtener una restitución gráfica que permita la observación detallada de la geometría de las cúpulas y un estudio comparado de los levantamientos existentes desde el Renacimiento hasta la actualidad.



Fig 1. Fotografía del interior del Templo de Mercurio. 2011. Aliberti, L.

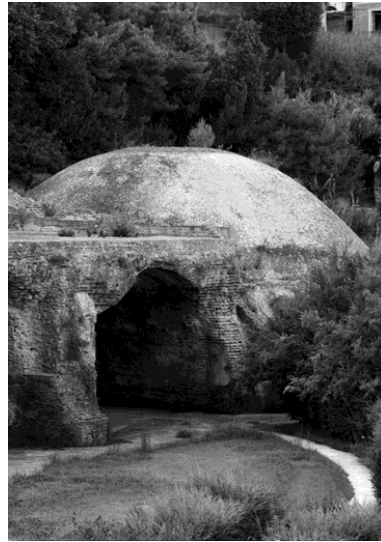


Fig 2. Fotografía del exterior del Templo de Mercurio. 2011. Aliberti, L.

OBJETIVOS

Los motivos particulares que nos han llevado al del estudio de la cúpula del Templo de Mercurio se deben a su notable estado de conservación, su específica geometría, a simple vista una bóveda esférica, su relación directa con las otras cúpulas clásicas romanas entre ellas el Pantheon, y finalmente a las escasas representaciones gráficas presentes en las publicaciones científicas.

Nos proponemos contribuir al estudio de este notable objeto arquitectónico aportando un levantamiento riguroso y deduciendo de los datos más destacados algunas consideraciones que abren el camino de una investigación más detallada y precisa. Analizaremos también las distintas representaciones gráficas que se conservan de este edificio.

Entre los más antiguos documentos que mencionan este complejo arqueológico se encuentran los informes del siglo XII relativos a la restauración emprendida por Federico II para reactivar las funciones termales de estos espacios. Del siglo XVI son las primeras representaciones gráficas: se trata de sumarias interpretaciones de los restos de los edificios de Baia en las que se indican erróneamente las salas termales como templos. En las guías de viaje del siglo XVIII siguen apareciendo informaciones sobre la zona arqueológica de Pozzuoli pero el interés está principalmente centrado en los restos epigráficos mientras que los textos y las imágenes son siempre de carácter divulgativo.

Las primeras representaciones que retratan con voluntad científica el edificio pertenecen a Paoli (1768). El autor realiza un cuidadoso estudio de la zona arqueológica de Baia representando cada edificio en planta, aunque de dudosa correspondencia con las medidas reales, y mediante perspectivas cónicas del interior y exterior de las ruinas. En la vista del interior del Templo de Mercurio podemos destacar la representación que hace de los accesos a la sala y de la cornisa que marca la línea de imposta de la cúpula. Se aprecia que la estancia ya está inundada y que el nivel freático se sitúa por encima de la cota del pavimento. Sin embargo esta imagen nos remite a las proporciones originarias del espacio.



Fig 3. Vista del interior del Templo de Mercurio. 1768. Paoli, P.A.

En 1941 se emprende una campaña de excavaciones destinada a estudiar los restos arqueológicos y a la vez las obras necesarias para realizar un parque accesible al público. Podemos suponer que se realizó un levantamiento arqueológico de las excavaciones llevadas a cabo que sirvió para efectuar las obras de acondicionamiento pero en las publicaciones relativas a la restauración del edificio no encontramos dibujos y la documentación es exclusivamente mediante fotografías.

Es necesario esperar hasta el siglo XX para ver de nuevo unas representaciones que pretenden reproducir fielmente la forma del edificio. En la obra de Borriello y D'Ambrosio (1979) encontramos unos dibujos de levantamiento que incluyen planimétricas y secciones generales del área arqueológica de Baia. El Templo de Mercurio aparece representado en plantas y secciones en su contexto, siempre vinculado al resto de las estructuras del complejo general. Los dibujos son limpios y con un grado de definición acorde con la escala de



la representación. La documentación publicada tiene sin duda un alto valor y se ofrece como base para una interpretación global del área arqueológica.

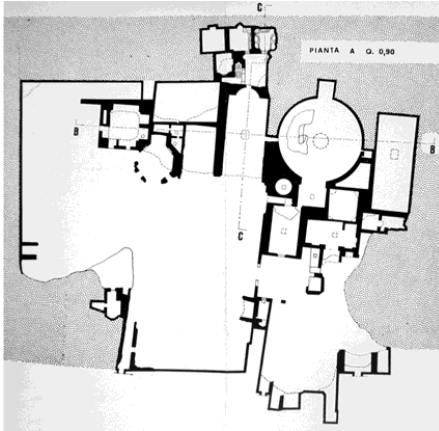


Fig 4. Planimetría del área arqueológica de Baia. 1979. Borriello, M., D'Ambrosio, A.

Numerosos estudios sobre las bóvedas romanas tienen como referencia las publicaciones de Rakob (1988) y Rasch(1985) que investigan el Templo de Mercurio y las restantes cúpulas de Baia en base a levantamientos realizados mediante fotogrametría estereoscópica. En particular en los estudios de Rakob(1988) encontramos un esfuerzo de documentación gráfica del Templo de Mercurio basado en un estudio de los perfiles de la cúpula, una planta con curvas de nivel, y unos alzados desarrollados del muro cilíndrico con detalles del *opus reticulatum*.

Sin embargo no encontramos publicados levantamientos que empleen la metodología actual como es la fotogrametría digital convergente que nosotros aplicamos para medir, representar, analizar y estudiar la cúpula del edificio.

CONTENIDO

El estudio presentado sobre la cúpula del Templo de Mercurio se basa en el análisis de material gráfico y bibliográfico existente y en un levantamiento realizado mediante fotogrametría digital convergente de la cúpula. La restitución gráfica del objeto de estudio, la observación directa y el trabajo de campo han generado una serie de resultados que comparados con las publicaciones existentes han permitido desarrollar la investigación.

El levantamiento se ha realizado usando como herramienta para la toma de datos una cámara digital a formato completo (Canon EOS 5D, sensor CMOS 35,8 x 23,9 mm de 13,3 MP, 12,8 MP efectivos) y lentes fijas que han sido intercambiadas según las necesidades (Canon 50 mm, 1:1.4; Canon 24 mm, 1:2.8). Las fotografías usadas para la restitución se han salvado en el formato comprimido .jpg manteniendo la máxima calidad. El software empleado para la gestión de los datos y la restitución de un modelo tridimensional de puntos ha sido el Photomodeler v.6. Posteriormente se han empleado programas de dibujo vectorial para los estudios de la cúpula y su restitución gráfica.

El trabajo de campo se ha desarrollado en dos sesiones de dos horas en agosto de 2011 en condiciones de iluminación natural. La presencia del óculo superior y de las cuatro ventanas en la parte inferior de la cúpula proporciona una cantidad de luz natural suficiente a realizar la toma de datos. Nos parece relevante el hecho de haber trabajado con una cámara a alta definición que genera unas fotografías con elevado grado de detalle útiles para el trabajo de restitución mediante fotogrametría. El formato del sensor de la cámara empleada se acerca notablemente al formato de una película de 135mm (35,8 x 23,9 mm contra los 35 x 24 mm de las cámaras analógicas). Gracias al gran formato del sensor es posible tomar imágenes a alta definición usando sensibilidades elevadas, como en este trabajo donde por motivos inherentes a las condiciones específicas de iluminación hemos tenido que configurar la exposición de la cámara en ISO 640, 800, 1000. Otra consideración que podemos hacer concierne el tipo de sensor, tratase de un CMOS (siglas en inglés de *complementary metal-oxide-semiconductor*), un tipo de circuito integrado caracterizado por un consumo energético extremadamente reducido que proporciona la lectura directa de los niveles luminicos de los fotodiodos, la lectura simultanea de los pixeles y la combinación de distintos tipos de pixeles.

Para realizar la calibración de la cámara se ha usado el proceso en automático predispuesto por el software Photomodeler v.6, que evalúa y selecciona los datos para obtener el resultado más fiel. Para realizar esta operación se ha impreso el patrón proporcionado por el programa en formato DIN A2 y se han efectuado una serie de fotografías frontales y oblicuas del mismo. Las tomas se han realizado en el interior de tal manera que las condiciones de luz, la sensibilidad, la abertura de diafragma y los tiempos de exposición resultaran parecidos a los de la toma de datos. Asimismo se ha realizado esta operación usando las fotografías en formato comprimido .jpg puesto que es el mismo empleado en la restitución.

Para efectuar la restitución de la cúpula del Templo de Mercurio se ha realizado una serie fotográfica a partir de la zona accesible de la sala. La imposibilidad de posicionarse en el centro del ambiente y en parte del perímetro del mismo crea el problema de no poder trabajar con fotos suficientemente convergentes en algunos de los sectores de la cúpula. Gracias a la presencia de las ventanas ha sido posible completar la serie fotográfica con alguna imagen con ángulos altamente convergentes respecto a las fotografías tomadas desde la zona baja. Debido a las dificultades de posicionamiento en la toma se han tenido que importar en el proyecto de restitución 21 fotografías, un número elevado pero necesario para poder cubrir la entera superficie del intradós de la cúpula con solapes suficientes entre las imágenes.

El reconocimiento de puntos de una fotografía a la otra se ha realizado con cierta facilidad en la zona inferior donde el *opus reticulatum* del muro cilíndrico ofrece claros puntos de referencia debido a la presencia de los bloques de tufo vistos. Alguna dificultad se ha encontrado en la parte superior donde la superficie del *opus caementicium* además de ser continua y con pocos elementos reconocibles presenta importantes irregularidades.

Se ha definido mediante fotogrametría la posición de 235 puntos correspondientes a la superficie interna del muro cilíndrico y 640 puntos correspondientes al intradós de la cúpula. Se ha estudiado además la geometría del óculo definiendo el hueco en correspondencia del intradós y del extradós de la cúpula.

Para poder orientar y escalar el modelo con suficiente precisión se ha exportado la nube de puntos a programas de dibujo vectorial. Se ha usado como medida de referencia uno de los datos tomados mediante distanciometría laser en la observación directa del edificio. Una vez escalado y orientado el modelo se ha vuelto a importar en Photomodeler para completar la definición de la cúpula ajustando la correlación de puntos y añadiendo más elementos de referencia donde se necesitaron.

La desviación máxima respecto a la posición de los puntos resultante en el proyecto de restitución por fotogrametría es de 0,03m, dato aceptable si consideramos el estado de conservación del edificio.



Fig 5. Vista del modelo tridimensional de puntos obtenido mediante fotogrametría. Aliberti, L., Alonso, M. A., Canciani, M.

La presencia de zonas de revestimiento, partes deterioradas del mismo y partes restauradas ha generado ciertas dificultades en el estudio del intradós de la cúpula. En las obras de mantenimiento realizadas bajo la dirección de Maiuri en 1930 se restauró parte de la bóveda que resultaba fracturada y se volvió a proteger el extradós con un nuevo estrato de *opus signinum*. Según la relación de las obras se usaron los mismos materiales y técnicas de la construcción antigua dejando visible cual parte de la cúpula era de nueva fabricación, hecho que genera irregularidad en la superficie del intradós. A pesar de la crítica sobre la intervención es cierto que a ella se debe el actual buen estado de la bóveda que habría podido deteriorarse al quedar abierta y desprotegida.

La cúpula está construida empleando las propiedades de alta resistencia del mortero romano obtenido mezclando arena puzulánica, cal y agua. En la construcción de bóvedas clásicas romanas la disposición de los *caementa* se realiza por estratos: se disponen en seco las piedras y sucesivamente se vierte el mortero en estado líquido. Normalmente los inertes se disponen a distancias regulares mientras que solo en algún raro caso



se nota una disposición claramente radial de estos elementos como en el Templo de Mercurio realizado enteramente en fragmentos de tufo. En la zona que queda elevada respecto a la cota del agua se puede apreciar uno los bloques de tufo de gran tamaño que mide aproximadamente 0,35m.

Desde la observación de la profundidad de los huecos de las ventanas se calcula en correspondencia de esta altura de la cúpula un espesor de 0,70m. Este dato concuerda con los estudios de Rakob (1988) que indica un espesor medio que oscila entre 0,60-0,75m sin considerar los revestimientos interno y externo.

La realización de este edificio monumental ha sido lugar de experimentación de la aplicación de formas conocidas a dimensiones mayores de las que se habían usado hasta entonces. En fase de construcción se deben haber tomado medidas para reforzar la estructura: el muro circular se aumenta de espesor y se añaden contrafuertes adosados al edificio en la zona Este. Debido al desnivel la parte Oeste de la sala queda insertada en el terreno de tal manera que los muros de contención confieren rigidez a la mitad del muro anular correspondiente a esta zona. En el exterior el muro sobresale con respecto a la línea de imposta y se realizan en el extradós de la cúpula una serie de escalonamientos por motivos de estabilidad, como ocurre en gran parte de las cúpulas clásicas romanas incluido el Pantheon.

El análisis realizado sobre los datos obtenidos mediante fotogrametría genera una serie de observaciones sobre la geometría de la cúpula. La principal anotación es que frente a la precisión del replanteo de la planta del muro cilíndrico que sigue una forma casi perfectamente circular, las secciones de la cúpula presentan cierta irregularidad respecto a la teórica superficie esférica.

Según los resultados obtenidos el diámetro medio del círculo trazado por el muro mide 21,42m. Se midieron seis diámetros distintos y opuestos y se detectó que tienen unas oscilaciones positivas o negativas de 0,10m respecto al valor medio. Este desfase se debe en buena parte a la irregularidad de la superficie que en algún sector presenta un revestimiento mientras que en la mayor parte resulta visto el paramento del *opus reticulatum*. El muro se presenta casi perfectamente circular y vertical en el sector todavía visible: la franja estudiada se extiende 3,45m por encima del nivel del agua. La alineación de los puntos en una circunferencia media permite encontrar con cierta facilidad el centro de la planta que se toma como punto de referencia para los estudios de la cúpula.

Para poder analizar el perfil del intradós de la bóveda se ha aplicado un giro en el modelo tridimensional alineando los puntos en un solo plano vertical. Observando el perfil resultante se han detectado unas distancias variables entre los puntos que definen la superficie del intradós de la cúpula. En correspondencia de la línea de imposta obtenemos diferencias máximas de 0,15m, en la parte intermedia las desviaciones aumentan hasta llegar a un máximo de 0,38m, en la parte superior las distancias vuelven a disminuir hasta llegar a desviaciones de 0,18m en las proximidades del borde del óculo. Probablemente estas deformaciones datan la época de la construcción del edificio y son debidas a los métodos aproximativos y todavía rudimentarios empleados. Lancaster (2005: 42), basándose sobre los estudios de Rakob y Rasch, avanza la hipótesis de que el problema principal se encuentra en la fabricación y posicionamiento de las cimbras, debido a las grandes dimensiones de este edificio respecto a las cúpulas construidas hasta entonces. El control de la forma del intradós de las cúpulas es una operación compleja si se considera la dificultad de generar una superficie de doble curvatura usando la combinación de elementos rectilíneos. Las cimbras eran generalmente de madera así como en la construcción del Templo de Mercurio. Existían dos formas de realizar los encofrados: una horizontal, disponiendo los listones según las líneas de los paralelos, y la otra radial, disponiendo los listones según las líneas de los meridianos. En comparación con la primera técnica que es más antigua, el sistema radial usa menos cimbras que soportan varios tramos curvilíneos a los cuales se apoyan los listones siguiendo la orientación de los meridianos. Por lo que concierne al Templo de Mercurio las cimbras se posicionaron aproximadamente de forma radial generando irregularidades en la superficie de la bóveda.

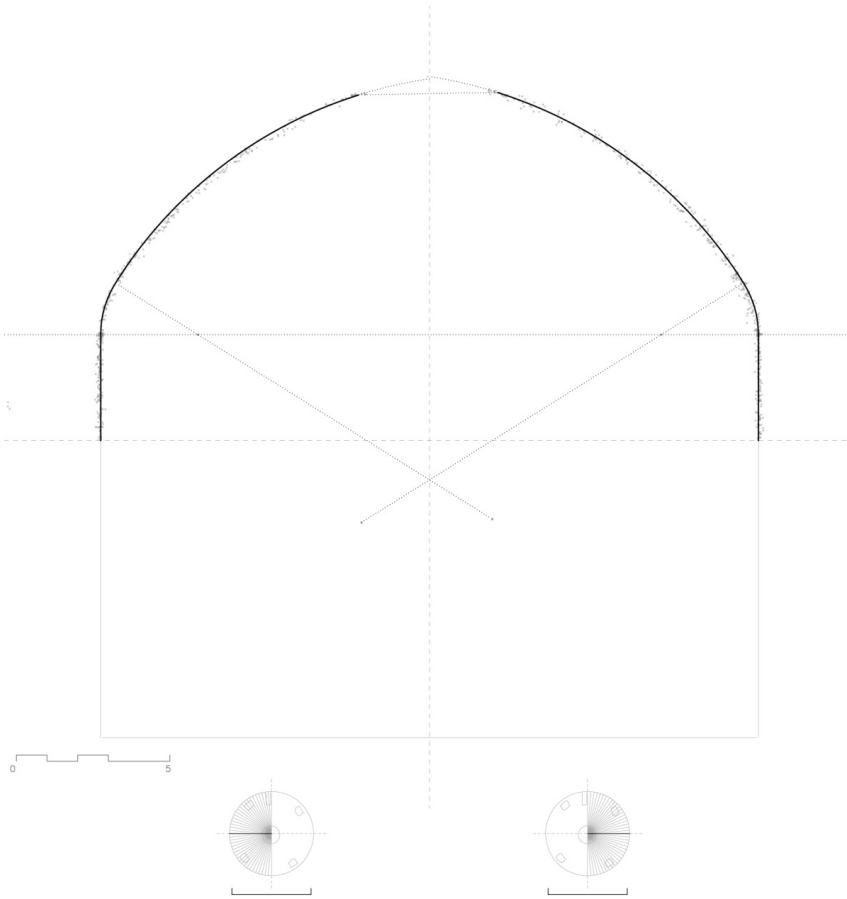


Fig 6. Perfil medio obtenido aplicando un giro de puntos para alinearlos en un solo plano. Aliberti, L., Alonso, M. A., Canciani, M.

La cúpula enlaza aproximadamente de forma tangente al muro cilíndrico en correspondencia de la línea de imposta que separa la construcción en *opus reticulatum* de la bóveda en *opus caementicium*. En la imagen de Paoli (1768) aparece en esta zona una cornisa que separa el muro cilíndrico de la bóveda esférica como ocurre en gran parte de las cúpulas romanas. Realmente no tenemos ninguna traza de la existencia de este elemento que no subsiste en el estado actual ni en los levantamientos disponibles del edificio.

En base a los datos obtenidos en el levantamiento resulta que el intradós de la cúpula no corresponde a una semiesfera como se podría esperar a simple vista. Se aprecia como el perfil resulta definido por dos arcos de circunferencia con centros respectivamente en la línea de imposta de la cúpula y en un punto a cota inferior. Se puede apreciar en el estudio de la sección del edificio que su hipotética terminación al prolongar los arcos superiores tendría una forma apuntada, físicamente inexistente debido a la presencia del óculo. La considerable variabilidad de los perfiles no permite indicar un único punto de convergencia de las curvas que definen el intradós. La característica geometría de la cúpula del Templo de Mercurio se encuentra en forma más acentuada en el cercano Templo de Diana. Este edificio pertenece al complejo arqueológico de Baia y presenta una bóveda ojival sobre planta circular construida con materiales progresivamente más ligeros. En comparación con el vértice en la cúpula del Templo de Diana, la terminación puntiaguda del Templo de Mercurio, en el caso de que no existiera la abertura del óculo, sería muy reducida y resultaría casi invisible si consideramos la presencia del revestimiento interno.

La irregularidad de los perfiles de la cúpula del Templo de Mercurio se relaciona al impreciso posicionamiento del óculo que resulta desplazado respecto al centro de la circunferencia trazada por el muro cilíndrico. Según los datos del levantamiento realizado el desfase horizontal entre el centro del muro cilíndrico y el del óculo es de 0,29m. La superficie tiene que enlazar la circunferencia a la cota de la línea de imposta con el hueco aproximadamente circular del óculo desplazado respecto al teórico eje vertical. Por este motivo resulta difícil indicar un solo centro de la cúpula, dato que se aprecia directamente en el trazado de las curvas de nivel obtenidas seccionando cada 0,50m la superficie del intradós.



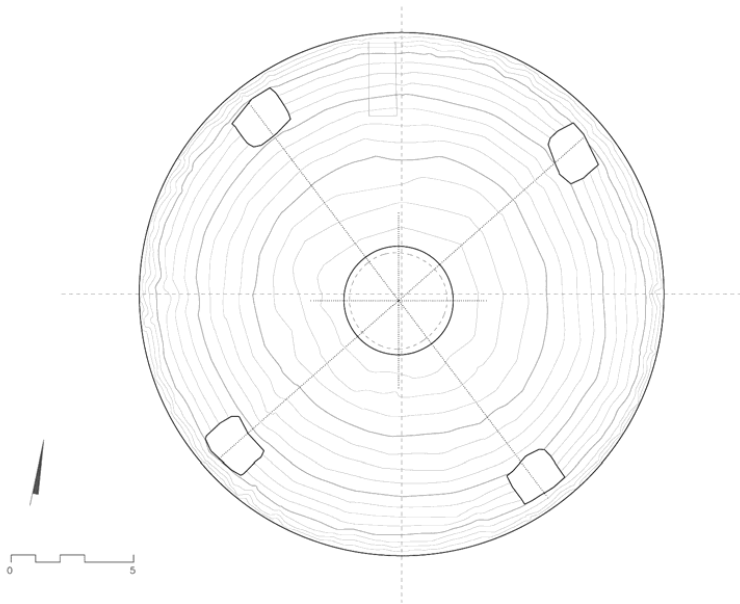


Fig 7. Sección longitudinal con estudio de la geometría del perfil de la cúpula. Aliberti, L., Alonso, M. A., Canciani, M.

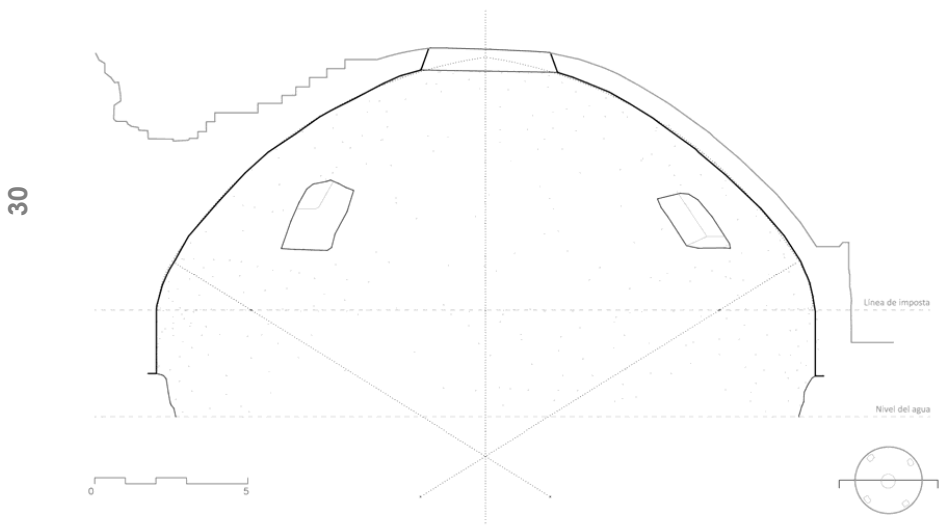


Fig 8. Planta con indicación de las curvas de nivel. Aliberti, L., Alonso, M. A., Canciani, M.

En los edificios abovedados la primera forma de abertura hacia el exterior fue el óculo superior, o *lumen*. La eliminación del problema estructural relativo a la terminación de las cúpulas se soluciona con un elemento que sirve además para proporcionar una gran cantidad de luz natural al interior y que introduce un punto de contacto directo con la esfera celeste. El óculo del Templo de Mercurio mide en el intradós 4,46m de diámetro y tiene respecto a la luz de la cúpula una proporción de 1/5 reflejando las conclusiones de De Angelis D'Ossat (1938: 234). El autor realiza un estudio comparativo sobre el tamaño de los óculos y afirma que existe una proporción casi constante entre el diámetro del *lumen* y el de la cúpula, con un valor que oscila entre 1/5 y 1/6. Se observa estudiando la restitución por fotogrametría como el corte del espesor de la cúpula para abrir el óculo no es vertical sino inclinado a conformar un cono truncado. La diferencia de radio entre la abertura en correspondencia del extradós y del intradós es de 0,24m. De Angelis D'Ossat (1938: 231) constata como en las primeras cúpulas la práctica de realizar este tipo de hueco con un corte inclinado en forma de cono truncado invertido era muy común, siendo el Templo de Mercurio el único ejemplo conocido que presenta una

inclinación opuesta respecto a los demás. Se comprueba además mediante el levantamiento que la orientación del óculo no es completamente vertical puesto que el plano definido por el hueco circular en correspondencia del extradós forma aproximadamente 3° con el plano horizontal.

La sala tiene dos nichos profundos a Este y a Oeste cuya abertura está realizada en arcos de tufo y que actualmente resultan sumergidos e inaccesibles. Los bordes de los huecos son irregulares y en parte deteriorados hecho que impide una clara definición de su geometría.

Las primeras bóvedas sobre planta circular aparecían en conjuntos edificados por lo que se necesitaba algún hueco superior para permitir la iluminación natural; así en el Templo de Mercurio además del *lumen* central se abren cuatro ventanas rectangulares oblicuas (Rasch 1985). Los huecos son irregulares y con bordes fragmentados todos terminados en bloques de tufo, único material inerte usado en la construcción de la bóveda. La posición de las ventanas no es del todo precisa. Si consideramos sus ejes obtenemos valores angulares con una desviación de aproximadamente 3,5° respecto a los valores teóricos generados por dos rectas que dividen una circunferencia en cuatro partes iguales. Aunque la posición de las ventanas no sea radialmente uniforme los huecos opuestos resultan prácticamente alineados. Se nota como los ejes que unen las ventanas opuestas pasan por el centro del óculo en lugar que por el centro de la circunferencia definida por el muro circular. La técnica constructiva romana tenía en esta época un alto control de las operaciones geométricas necesarias para dividir una circunferencia en cuatro partes iguales. La aplicación de estos conocimientos a la superficie esférica de una bóveda de ciertas dimensiones puede haber generado problemas, así que nuevamente se avanza la hipótesis de dificultad de replanteo en la construcción de las cimbras.

CONCLUSIONES

El estudio de la geometría del Templo de Mercurio evidencia una serie de características del edificio respecto a los valores teóricos esperados: la irregularidad de la superficie de la bóveda, el desfase entre el centro del muro cilíndrico y el del óculo superior, las irregularidades en el posicionamiento de las ventanas, las oscilaciones de espesor de la cúpula. Todos estos elementos inducen a pensar que hayan aparecido complicaciones en fase constructiva. Con toda probabilidad la mayoría de los problemas derivaron de la construcción de las cimbras necesarias para definir el molde de la cúpula. La construcción de esta bóveda, cuyo diámetro mide aproximadamente la mitad del diámetro del Pantheon, fue uno de los primeros intentos de aplicar a dimensiones considerables las nuevas conquistas de la técnica constructiva romana.

Los datos que indican que la geometría del intradós no es esférica no parecen imputables a dificultades constructivas cuanto más probablemente a unas decisiones conscientes del proyecto. El trazado del perfil de la cúpula según dos arcos de circunferencia se encuentra en las cúpulas de los mencionados Templo de Diana y Templo de Venere aunque en forma y proporciones distintas. Este hecho hace pensar que las tres cúpulas todas situadas en el área arqueológica de Baia sean variaciones de un mismo esquema constructivo de bóveda con sección de arco apuntado. La comparación más detallada entre las superficies de las cúpulas de Baia es un tema de investigación sin duda motivador.

Asimismo queremos evidenciar como el uso de la fotogrametría digital convergente permita analizar detalladamente un objeto de difícil estudio debido a sus propias irregularidades, a su estado de conservación y a sus condiciones de accesibilidad reducida. La expresión gráfica del Templo de Mercurio supone una nueva oportunidad para trabajos de investigación sobre un edificio que tiene un valor indiscutible en la historia de la construcción de las bóvedas cementicias romanas.

Referencias bibliográficas

Adam, J., 1988, *L'arte di costruire presso i romani. Materiali e tecniche*, Longanesi, Milano.

Aliberti, L., Altozano, F. 2011, "Documentación gráfica mediante fotogrametría digital de la cúpula del Pantheon en Roma", *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, pp. 33-43.

Borriello, M., D'Ambrosio, A. 1979, *Baiae-Misenum*, Forma Italiae, Regio I, Vol. XIV, Leo S. Olschki, Firenze.

Buil, F. Nuñez, M. A., Rodríguez, J. J., 2007, *Fotogrametría arquitectónica*, Edicions UPC, Barcelona.

De Angelis D'Ossat, G. 1938, "La forma e la costruzione delle cupole nell'architettura romana", *Atti del III Congresso Nazionale Di Storia dell'Architettura*, pp. 223-250.

Lancaster, L.C. 2005, *Concrete vaulted construction in Imperial Rome. Innovations in context*. Cambridge University Press, Cambridge.

Lerma García, J. L., 2002, *Fotogrametría moderna: analítica y digital*. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.



Lucchini, F., 1996, *Pantheon*, Carocci, Roma.

Maiuri, A. 1930, "Il restauro di una sala termale a Baia", *Bollettino d'Arte del Ministero della Educazione Nazionale*, Anno IX.

Paoli, P.A. 1768, *Avanzi delle antichità esistenti a Pozzuoli Cuma e Baia Antiquitatum Puteolis Cumis Baiis existentium reliquiae*, Firenze-Napoli.

Rakob, F. 1988, "Romische Kuppelbauten in Baiae", *Mitteilungen des Deutschen Archaologischen Instituts, Romische Abteilung*, n. 95, pp. 257-301.

Rasch, J.J. 1985, "Die Kuppel in der römischen Architektur", *Achitectura*, vol. 15, pp. 117-139.

Sgobbo, I. 1934, "I nuclei monumentali delle terme romane di Baia per la prima volta riconosciuti", *Atti del III Congresso Nazionale Di Studi Romani*, Vol. I, pp.294-301.

Sgobbo, I. 1928, "Terme Flegree ed origine delle terme romane", *Atti del I Congresso Nazionale Di Studi Romani*, Vol. VI.

Taylor, R., 2003, *Roman Builders: A Study in Architectural Process*, Cambridge University Press, Cambridge.

SURREALISMO Y BOVEDAS EN LA ARQUITECTURA MODERNA. LE CORBUSIER Y BONET CASTELLANA EN TORNO A GAUDÍ.

Edith AROCA VICENTE, arquitecto, profesor asociado.
José María LOPEZ MARTINEZ, arquitecto, profesor asociado.

Universidad Politécnica de Cartagena
Departamento de Arquitectura y Tecnología de la Edificación.

Resumen

Antonio Bonet, in the studio of Le Corbusier, develops with Roberto Matta drawings of the Maison Jaoul. These collages we can see the cover of the Maison Jaoul is determined by a combination in sequence of truncated vaults. Le Corbusier supports the incorporation of Surrealist ideas to functionalist architecture. In Le Corbusier, we also see in his drawings, heavy use of the vaults, which leads to his trip to Spain in 1928. In the travel cards from Barcelona, at the C11, in a visit to the schools of Gaudí's Sagrada Família, we discover how Le Corbusier draws enthusiastically and expressively the volume of the schools, topped by a sequence of truncated vaults alternate. Is closed in this way the searching the source of this type of roof. Gaudí is discovered as the source of inspiration for Le Corbusier and Bonet Castellana.

Texto comunicación

Bonet llevará siempre ese fondo étnico en toda su obra. Pero en ello no podemos olvidar la influencia que, como en todos los de su generación, ha ejercido la personalidad extraordinaria de Le Corbusier. Pero para ese purismo que su maestro supo inculcarle ha hallado un freno moderador en la exuberante arquitectura americana... Y quizá también, de vez en cuando, en el recuerdo del Gaudí que dejó en Barcelona. (Bohigas, 1953)

1. Las bóvedas en la obra de Bonet Castellana.

En 1964, Antonio Bonet Castellana realiza un proyecto para un restaurante en "La Raja", en la Manga del Mar Menor (Murcia) (Fig. 1). Sobre un plano topográfico Bonet dibuja a mano alzada la planta del restaurante, configurado por una cubierta de bóvedas troncocónicas. En la investigación que realizamos sobre la obra de Antonio Bonet en la Manga del Mar Menor constatamos en todos sus dibujos, la alusión constante de su obra hacia la modelación del espacio mediante las cubiertas abovedadas y singularmente con una secuencia de bóvedas troncocónicas alternadas (equipamientos en el núcleo tipo de ordenación, club de golf y pabellones en el puerto de "El Estacio", restaurante en "La Raja" y apartamentos "Atamaría"). Este uso del espacio abovedado no se entiende sin la adhesión de Bonet al Surrealismo desde su juventud, y así es como podemos explicar los dos paraboloides de hormigón del club náutico como una escultura onírica en el skyline del Mar Menor, o la casa de Gregory Peters conformada en planta por un entramado racionalista, y resuelto en altura mediante bóvedas de cañón que crean un espacio dinámico con distintas sensaciones perceptivas a modo de ensueño.

Al inicio de la década de los cincuenta, Bonet ya ha alcanzado esa primera reacción que, frente al dogma oficial racionalista, de concepción abstracta, recupera lo "singular", el gesto, las técnicas constructivas tradicionales y avanza hacia un funcionalismo "orgánico". En el caso de Bonet, esta evolución se produce exenta de "regionalismos". Bonet recupera las bóvedas, una técnica aparentemente simple y premoderna, muy presente en la tradición catalana. Pero la disposición de estas bóvedas en serie y el establecimiento de reglas de combinación en su uso le acercan a otras obras contemporáneas de Louis Kahn, Van Eyck, e incluso Candilis. En las obras de todos ellos conviven estabilidad formal del módulo e indeterminación del contorno final. En la arquitectura de la época aparecen presentes en el discurso arquitectónico referencias a la biología: "crecimiento y cambio" (Van Eyck y Team Ten), "crecimiento y forma", "formas concretas, formas imaginadas"... Se entiende entonces *crecimiento* en el sentido genético de reproducción celular no en el de la iteración de la simple copia. Pero la trama en planta no significa lo mismo para Bonet que para sus coetáneos, en Bonet la bóveda es gesto primordial que lo envuelve todo, mostrando más del proyecto que la simple proyección en planta. A este punto se llega como parte de la evolución profesional de Bonet. No son impulsos formales o gestos arbitrarios, más bien se trata de ensayos trabajados y constantes por descubrir nuevos estilos psicológicos. En su texto "Nuevas precisiones sobre Arquitectura y Urbanismo", Bonet escribirá:

Por otra parte, el Surrealismo, basado en la expresión de lo subconsciente y el automatismo como método, es el arte subjetivo por excelencia. Nunca hasta ahora había nadie intentado llegar tan lejos en su fiebre de sincerarse como el artista surrealista. Es la afirmación violenta de la existencia individual, del YO desconocido y diferenciado en contra de la sistematización, también violenta, a la cual el hombre no puede sustraerse al intentar encauzar la nueva civilización



El Surrealismo es , por sí mismo, la anarquía, el desorden, lo fantástico, lo imaginativo, es decir, la expresión de lo inesperado en el hombre. Bonet,1950 (Álvarez & Roig, 1999, p. 221).

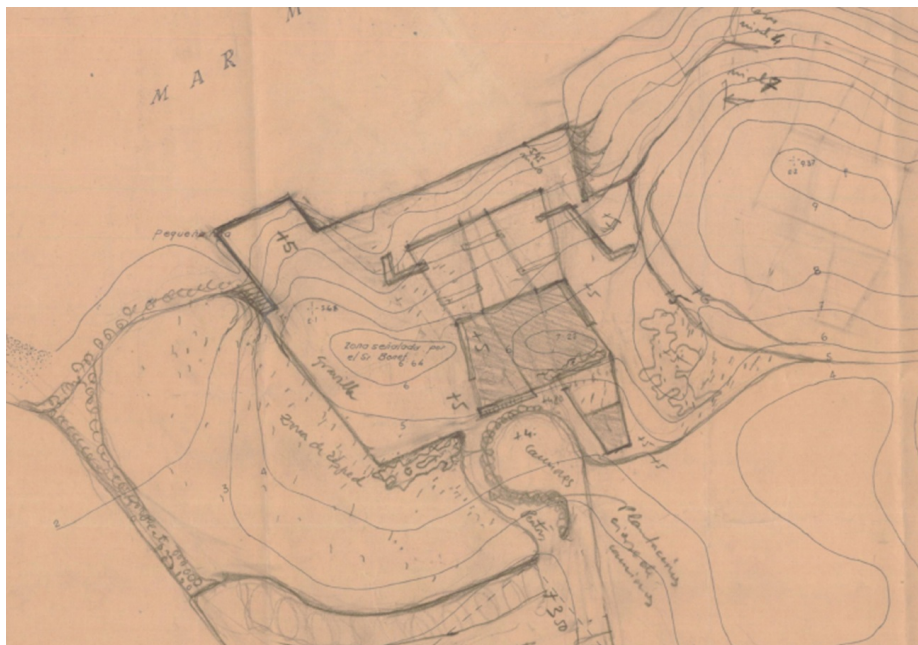


Fig 1. Dibujo Restaurante en La Manga.1964. Archivo COAC

La duda sobre si el uso de la secuencia de bóvedas troncocónicas, es único de su etapa en La Manga, nos conduce al estudio de la obra de Bonet a través de sus dibujos, y es efectivamente en sus inicios donde encontramos la respuesta

34

2. Antonio Bonet y Le Corbusier.

Desde que trabajaba con Le Corbusier, se esforzó por incorporar una cierta carga surrealista a la arquitectura racional, que era la que en los años treinta practicaba la vanguardia. Enseguida comprendí que su propósito era precisamente dar unas "pinceladas" que humanizarán aquel estilo. (Permanyer, 1974).

En 1937 Bonet junto con Domingo Escorsa y otros, colabora con Sert y Lacasa en la construcción del Pabellón Español de la Exposición Internacional de París. Simultáneamente, Bonet entra a trabajar en el estudio de Le Corbusier y desarrolla junto con Roberto Matta (artista chileno surrealista) los dibujos de la Maison Jaoul (Fig. 2). En estos collages (técnica primordial para el pensamiento y la praxis artística del surrealismo), podemos observar como la cubierta de la Maison Jaoul está resuelta mediante una combinación en secuencia de bóvedas troncocónicas. Como podemos leer en el fragmento que se adjunta a continuación de una carta de Antonio Bonet a Torres Clavé, escrita en París en 1938, Le Corbusier apoyará la propuesta de estos dos jóvenes, la incorporación de las ideas surrealistas a la arquitectura funcionalista.

Ha sido en estos últimos tiempos que he trabajado la arquitectura en su sentido filosófico y humano, es decir, he trabajado los grandes problemas de la arquitectura. Por una parte, en casa de Le Corbusier, donde trabajo desde finales de noviembre (¡naturalmente como alumno!) y, por otra parte, trabajando con otro compañero en la búsqueda de nuevos caminos para hacer avanzar la arquitectura. Tomamos como base lo que siempre hemos llamado "Arquitectura Moderna", es decir, "Le Corbusier". Desde aquí nos vamos hacia el campo psicológico (llegando en un cierto sentido hasta el surrealismo). Éste podría ser el sentido filosófico de nuestra arquitectura. Plásticamente intentamos dar el máximo valor escultórico a las formas arquitectónicas y damos una importancia primordial al color... Si te digo que de todo esto hemos hablado largamente con Le Corbusier (¡en una larga conversación tenida en su casa particular, donde le enseñamos cosas!) y que, a pesar de estar en contra de él en ciertos momentos le gustó muchísimo, creo que encontrarías que es garantía suficiente. Y si te digo que nos medio pasó un encargo suyo, "para que aplicásemos concretamente todas nuestras ideas", te darás cuenta de que hacemos una cosa seria. Bonet, 1938 (Álvarez & Roig, 1999, p. 170-171).

El proyecto de la *Maison de Week-end Jaoul*, se desarrolla a partir de uno de los prototipos de Le Corbusier, la *Ville Savoye* en Poissy. Sobre este tipo, que topológicamente se mantendrá, se realizan una serie de "operaciones". La más evidente es la solución de cubiertas, una superficie ondulante que se extiende sobre la

planta perfectamente reglada. Del mismo modo, sobre la planta ordenada a partir de una distribución estricta de pilotis, aparecen formas sinuosas y sugerentes, dibujadas en color que representan muebles, carpinterías, etc.

Si se observa el alzado de la *Maison de Week-end Jaoul* (fig.2), se puede apreciar la disposición de la bóveda troncocónica sobre la estructura modulada inferior. Llama la atención el esquema que aparece en la parte inferior del dibujo. Lo que a primera vista parece un trazo curvo aleatorio, se refiere en realidad a unas bóvedas troncocónicas alternadas, en el esquema se puede ver el perfil del alzado, con la representación de los dos frentes del volumen. En la cubierta del alzado de la *Maison*, también se aprecia el tipo de bóveda, en la que se superpone una trama en la cara exterior, a la manera de una superficie reglada o del tratamiento tradicional catalán del acabado de cubiertas.

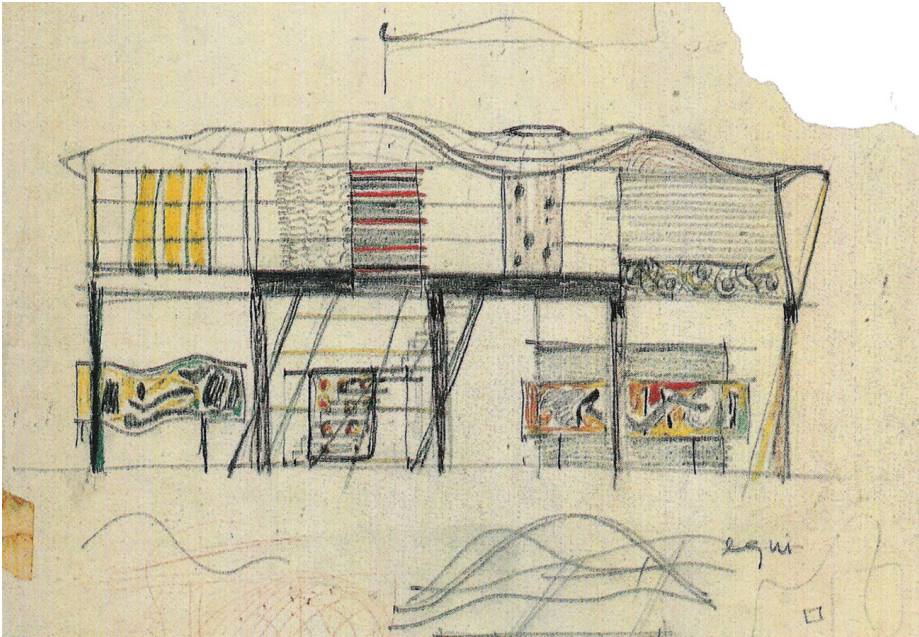


Fig 2. Dibujo Maison Week End Jaoul. 1938. Archivo COAC

La estancia en París, en el atelier de Le Corbusier y el desarrollo del proyecto de la *Maison de Week-end Jaoul*, supondrá una importante etapa en la trayectoria profesional de Bonet Castellana. Esta experiencia en París hace de eslabón y nexos entre el GATCPAC y el Grupo Austral. El trabajo en colaboración con el pintor-arquitecto surrealista Roberto Matta Echaurren en la *Maison Jaoul* define muchos de los interrogantes del *Manifiesto Austral*, pero también determina las primeras respuestas formales del grupo.

En el primer número de la revista *Austral* el grupo, creado 'para luchar por el progreso de la arquitectura' publica el manifiesto *Voluntad y Acción* que 'informa con precisión de la doctrina que los guía y de los medios que pondrán al servicio de aquella' (*Austral* 1, 1939). Entre los puntos que expone, se recoge el siguiente:

9ª La libertad completa que ha permitido a la pintura llegar hasta el surrealismo, denunciando verdades establecidas y planteando problemas psicológicos, no ha sido comprendida por el arquitecto esclavo de su formación.

"El ejemplo que la pintura da a las demás artes plásticas, liberándose de todo PREJUICIO moral, social y estético, debemos aprovecharlo los arquitectos de nuestra generación para revisar los "dogmas" arquitectónicos que nos han sido legados. El surrealismo nos hace llegar al fondo de la vida individual. Aprovechando su lección, dejaremos de despreciar al "protagonista" de la casa para realizar la verdadera "machine à habiter".

"El estudio de la arquitectura como expresión individual y colectiva; el conocimiento profundo del hombre con sus virtudes y sus defectos, como motor de nuestras realizaciones; la integración plástica con la pintura y la escultura; el planteo de los grandes problemas urbanísticos de la República: ESTE ES EL CAMINO TRAZADO A NUESTRA ACCIÓN". (Álvarez & Roig, 1999, p. 174-175. Facsímil *Austral* 1).

A partir de la fundación del grupo *Austral* (junto a Ferrari Hardoy y Kurchan), Bonet trabaja en una intensa búsqueda, 'en la convivencia entre lo individual, anárquico e informe y las ideas de lo colectivo, del avance social o del progreso, y se manifiesta en una necesidad compulsiva de inventar, de experimentar nuevas e inéditas soluciones en todas las escalas proyectuales, desde el mueble a la ciudad' (Álvarez & Roig, 1999).



3. Le Corbusier en Barcelona.

A raíz de esta línea investigadora, en Le Corbusier observamos también en sus dibujos, un uso intensivo de las bóvedas, aunque sobre todo de la bóveda catalana. Es el uso de este tipo de bóveda el que nos conduce al viaje de Le Corbusier por España en 1928.

Le Corbusier está en Barcelona del 15 al 17 de mayo de 1928. Junto a José Luis Sert visita la Sagrada Familia de Gaudí. En su carnet de viaje, concretamente en el C11, dibuja entusiasmadamente y de forma expresiva lo que le despierta mayor interés: la envolvente volumétrica de las modestas Escuelas para los hijos de operarios (fig. 3). El volumen está rematado por una cubierta 'ondulada' que es una secuencia de bóvedas troncocónicas alternadas.

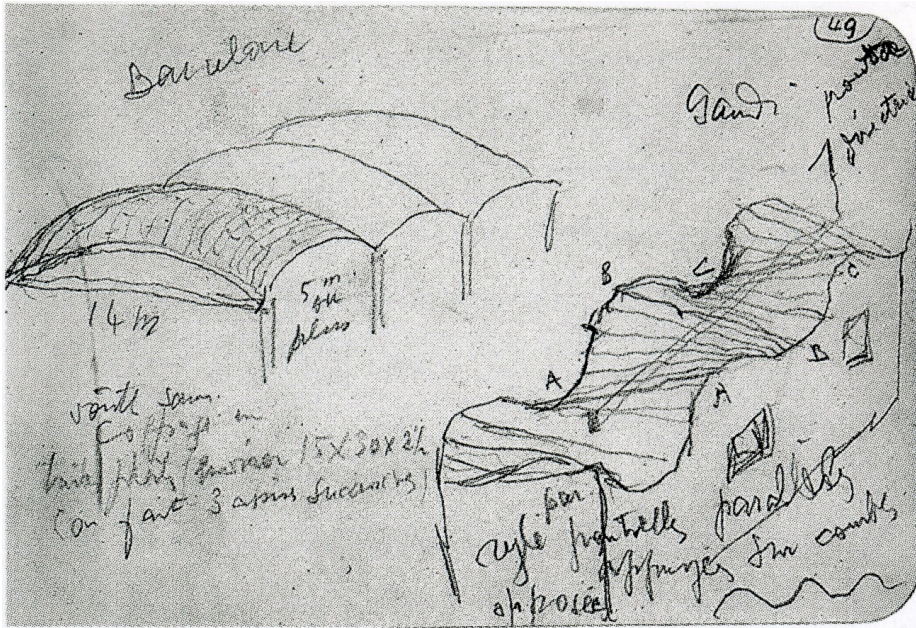


Fig 3. Carnet de viaje C11 1928. Le Corbusier

En la misma página del cuaderno, Le Corbusier dibuja otro ejemplo de bóveda catalana, ésta anónima. Ambos apuntes son analíticos, el resto de anotaciones en página son técnicas. LC no está interesado tanto en Gaudí, como en la formalización y construcción tradicional de la bóveda catalana. Los ejemplos que reseña demostraban la flexibilidad y las extraordinarias posibilidades formales de un sistema constructivo simple como la 'volta' catalana, que pronto se verá incorporada a su repertorio formal. Este tipo de cubierta será la base de reflexión para proyectos posteriores, tan distantes en el espacio y en el tiempo como la Casa de fin de semana en La Celle-Saint Cloud (1935), el referenciado de la Maison de Week-end Jaoul (1937) o Chandigarh (1951-1965).

Sobre la visita de Le Corbusier a Barcelona, encontramos este extracto de un artículo:

De la Sagrada Familia admira la racionalidad, apreciando sobre todo las realizaciones últimas de la maqueta a base de perfectos paraboloides, hiperboloides y helicoides. No comprendió en cambio, aunque sintiendo su pujanza, el decorativismo de la fachada del Nacimiento. La Sagrada Familia es para Le Corbusier un "drama". El arquitecto francés, pues él no cree ser suizo, cree que el templo genial debería terminarse en cemento armado y dejar todo lo que se ha construido hasta ahora, como un hermoso "souvenir" del genio "poético y patético" de Gaudí. Le Corbusier, sobre todo, admiraba las humildes construcciones provisionales de vuelta doble de alrededor del templo, por ejemplo las escuelas. La misma admiración sentía por las vueltas dobles curvilineas que aguantan la extraña cubierta de can Milá. (Benet, 1928).

La arquitectura abovedada es una de las grandes líneas en al obra de Le Corbusier. Lo que LC valora del sistema abovedado, especialmente de la 'volta' catalana, es la sencillez de medios frente a la capacidad expresiva. La arquitectura abovedada de Le Corbusier presenta dos líneas principales. La bóveda como cubierta de elementos singulares del edificio y la bóveda como elemento generador del edificio, de forma que,

repetida en secuencia, constituye la solución estructural y formal del conjunto. Esta última línea de trabajo es la misma que desarrolla Bonet en sus proyectos abovedados.

4. Conclusiones.

Se cierra así la búsqueda del origen de este tipo de cubierta. Gaudí se descubre como la fuente de inspiración de Le Corbusier y de Bonet Castellana. Es el dibujo como lenguaje de expresión gráfica, el que transmite la carga surrealista que contienen estas bóvedas. Le Corbusier anota y dibuja en su cuaderno de viaje (C11) el impacto que le genera la visita a esta humilde obra de Gaudí (fig. 4). Y es a través del dibujo como de Le Corbusier a Bonet, se mantiene y se incentiva el uso de las bóvedas troncocónicas como configurador y generador espacial asociado a la escala humana de los proyectos, en la generación de un espacio surrealista en la arquitectura moderna. Es desde el dibujo como surge la comunicación entre Le Corbusier y Antonio Bonet, sobre la tradición de las bóvedas en la arquitectura catalana durante la estancia de Bonet en París.

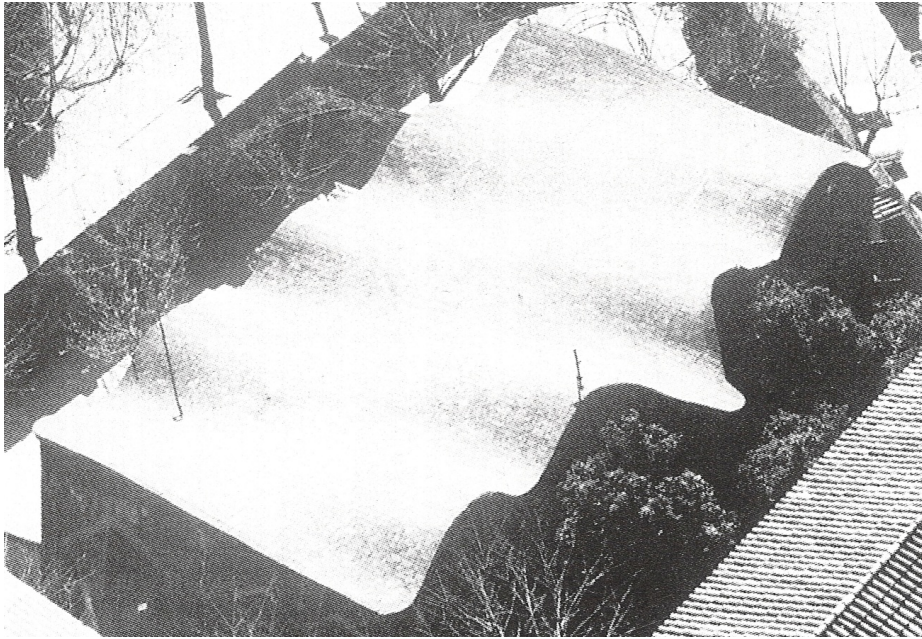


Fig 4. Cubierta Escuelas de la Sagrada Familia 1909. Gaudí. Reconstrucción 1940

Referencias bibliográficas

- Adell, J.M. & García Santos, A., 2005, 'Gaudí y las bóvedas de las escuelas de la Sagrada Familia', *Informes de la Construcción*, vol. 57, no. 496, pp. 31-46.
- Álvarez Prozorovich, F. & Roig Navarro J., diciembre 2007, 'Materia y autenticidad en la restauración de lo moderno. La restauración de La Ricarda', *El Hall*, época 9, pp.12-15.
- Álvarez Prozorovich, F. & Roig Navarro J., 1999, 'Bonet Castellana', Edicions UPC, Barcelona.
- Álvarez Prozorovich, F. & Roig Navarro J., 1999, 'Bonet', COAC-Ministerio de Fomento, Barcelona.
- Benet, Rafael, 1928, 'Trabando conocimiento con Le Corbusier', *La Veu de Catalunya*.
- Bohigas, O., 1953, 'Otro catalán que triunfa en América: el arquitecto Antonio Bonet', *Destino*, 816.
- Le Corbusier 1994, 'Espagne. Carnets', Electa, Milán.
- Marzá, F. & Roca, E., septiembre 1988, 'La bóveda catalana en la obra de Le Corbusier', *Le Corbusier y Barcelona*. Fundación Caixa de Catalunya, Barcelona, pp. 110-134.
- Marzá, F. & Roca, E., septiembre 1988, 'La obra de Gaudí en la búsqueda de Le Corbusier. La Celle-Saint-Cloud.', *Le Corbusier y Barcelona*. Fundación Caixa de Catalunya, Barcelona, pp. 95-104.
- Nudelman, Jorge, 2008, 'La línea Serpenteante. Le Corbusier, Aalto, en la memoria de Antoni Bonet', *Lars Cultura y Ciudad*, no. 13, pp. 33-41.
- Permanyer, Lluís, 1974, 'Cuestionario Proust. Antonio Bonet, un filósofo de hoy', *La Vanguardia*, Barcelona.
- Rodríguez García, A & Hernando de la Cuerda, R., junio 2007, 'La bóveda tabicada y el movimiento moderno español', *Actas quinto Congreso Nacional Historia de la Construcción*, pp. 1-11.



RED DE ALCANTARILLADO DE LA ANTIGUA FÁBRICA DE TABACOS DE SEVILLA

Antonio Manuel BARBA GARCÍA
Daniel HERNÁNDEZ MACÍAS

Universidad de Sevilla
Departamento de Ingeniería Gráfica

INTRODUCCIÓN

La Real Fábrica de Tabacos de Sevilla se considera uno de los edificios de mayores dimensiones y máxima categoría arquitectónica dentro de la arquitectura industrial española del siglo XVIII. Concretamente es el segundo más grande en extensión de España, sólo por detrás de El Escorial.

En su diseño participaron ingenieros militares (Ignacio Sala, Diego Bordick y Sebastián Van der Borcht) españoles y de los Países Bajos, que dieron a la Fábrica la esencia de fortaleza, para poder hacer frente a las grandes amenazas que suponía el contrabando de tabaco. Esta característica fue la que llevó a su posterior uso militar desde el siglo XIX hasta 1929, volviendo la ocupación militar poco después, hasta 1950, como sede de diferentes batallones.

Cinco años más tarde, pasó a uso universitario, siendo en la actualidad la sede de la Universidad de Sevilla.

Por lo habitual, al hablar de arquitectura, pensamos en los edificios alzados sobre la superficie. En cambio, nos olvidamos de las construcciones y la arquitectura que discurren por el subsuelo, que pueden llegar a ser tanto o más interesantes que las edificaciones en superficie.

Centrándonos en las construcciones subterráneas, en la antigua Real Fábrica de Tabacos de Sevilla, cabe destacar el alcantarillado, realizado en su mayor parte por bóvedas de fábrica de ladrillo que discurren en 4 ramales por toda la fábrica hasta desembocar en el arroyo "Tagarete" (canalizado y soterrado). Los ramales están provistos de un sistema de compuertas con una triple misión. Por un lado permitía proteger a la fábrica de inundaciones cuando el nivel del Guadalquivir y, por ende, el del arroyo subía evitando así posibles y catastróficas pérdidas a consecuencia del desbordamiento. Por otro lado, se usaba como puerta para frenar los abusos de los contrabandistas. Y por último, el sistema de compuertas también se usaba para mantener la humedad relativa de los habitáculos donde se trabajaba el tabaco. El Tagarete jugaba un papel fundamental en la fábrica, aunque ésta contaba con abastecimiento de agua corriente propio a través de pozos y por las canalizaciones procedentes de los Caños de Carmona.

Con el paso de los años y los cambios de usos, la Fábrica ha sufrido numerosas intervenciones de reforma y adaptación. Muchas de esas reformas están documentadas, en cambio, en lo que a la red de evacuación de aguas se refiere, la documentación gráfica que se conserva es obsoleta y escasa. Actualmente, el edificio presenta serios problemas de humedades y hedores, fundamentalmente en los sótanos.

Está en proyecto una nueva e importante intervención en esta Real Fábrica de Tabacos de Sevilla por parte de la Universidad de Sevilla. Recientemente se ha elaborado un Plan Director para la intervención y en el marco de la documentación previa, los autores han participado en el estudio de la red de evacuación de aguas del edificio. El objeto de este trabajo es dar a conocer las actuaciones que se han llevado a cabo en el desarrollo del mismo.

OBJETIVOS

Debido al estado actual y problemas planteados, el objetivo principal de este trabajo es el estudio de la documentación existente y la trazabilidad que pueda existir con la conservación de la red de alcantarillado del edificio de la Real Fábrica de Tabacos a día de hoy.

Un segundo objetivo también es prestar atención al estado de conservación de los materiales y del sistema de saneamiento que se mantiene en la actualidad, verificando su funcionalidad y correcto uso.

RESEÑA HISTÓRICA

Las obras de la Real Fábrica de Tabacos de Sevilla dieron comienzo el 28 de septiembre de 1728 de la mano del ingeniero D. Ignacio Sala. Una de las primeras intervenciones en las que participó Sala fue abovedar el arroyo Tagarete. Él también fue participe en el replanteo y las obras de cimentación de la fábrica hasta el nivel de zócalo. Durante los tres años a cargo de las obras (1728-1731), el proyecto de Sala fue severamente criticado por el Marqués de Verboom, hasta tal punto de ser destituido y relevado por Diego Bordick. Este ingeniero, sin

apenas experiencia en este tipo de edificios, presenta su anteproyecto corrigiendo las objeciones que Verboom había interpuesto al proyecto de Sala (habilita espacios con más luz, diseña una sola puerta de acceso, etc.). En los años sucesivos las obras sufrieron varias paralizaciones, por lo que la intervención de Bordick fue poco efectiva.

En 1735 se suspendieron definitivamente las obras hasta 1750 y aunque todavía vivía Bordick, en ese año fue nombrado como director de las obras el ingeniero militar Sebastián Van der Borch. Le correspondió a él la construcción del núcleo fundamental del edificio y lo más representativo, como es la crujía de la fachada principal, los patios, las galerías, gran parte del foso y los dos pequeños edificios que flanquean la fachada principal: la Capilla y la Cárcel. Con la ayuda de la decoración escultórica del portugués Cayetano da Costa, van der Borch remata el marco arquitectónico de la portada principal según su diseño en 1754. Años más tarde, en 1757 se estrenó la fábrica oficialmente, comenzando a funcionar el 9 de julio del año siguiente.

PUNTO DE PARTIDA

Nuestro estudio se basa inicialmente en la documentación disponible en la que podamos comprobar o, al menos, deducir algunos de los aspectos que definan las instalaciones de saneamiento implantados en la Real Fábrica.

Contamos con un plano datado de 1903 enmarcado y colgado en el pabellón de Brasil de la Exposición Iberoamericana de 1929, (edificio ocupado en la actualidad por varios vicerrectorados de la Universidad de Sevilla) en el que se aprecia un trazado de la instalación de evacuación de aguas al arroyo Tagarete. El plano se ha restituido y digitalizado para una superposición con el estado actual. *Figura 1.*

En la digitalización del saneamiento se ha empleado un código de colores, optando por utilizar rojo para la red estimada y azul para la red que ha sido constatada mediante estudio visual "in situ". La internada en las galerías no ha sido posible por razones de seguridad, dado que las galerías del alcantarillado recogen tanto aguas pluviales como fecales. Es probable que en este tipo de entornos húmedos con poca ventilación se acumulen hongos y gases nocivos para la salud, por lo que la inspección ha sido siempre desde el exterior. Como excepción, se ha podido acceder a los aljibes originales (hoy depósitos de la red contraincendios) ya que cuentan con entrada para su mantenimiento y por ellos no discurren aguas fecales.

Por otro lado los puntos de acceso han sido muy concretos, donde no se requirió causar desperfectos en los materiales ni deterioros en los paramentos.

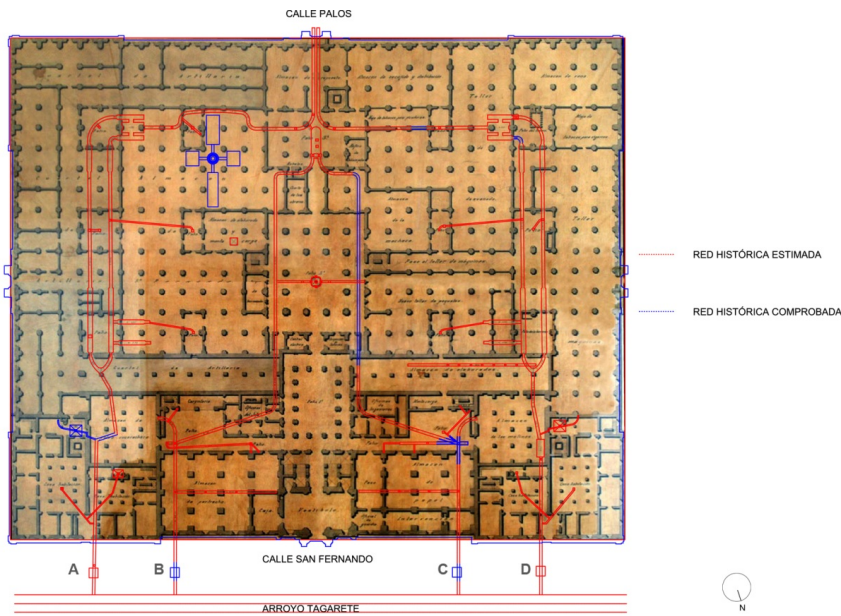


Fig. 1. Plano de 1903 de la Fábrica de Tabaco y red de saneamiento digitalizada. 2011. Fuente: elaboración propia.



Desde la fundación FIDAS (Fundación para la Investigación y Difusión de la Arquitectura en Sevilla) se ha obtenido el plano de secciones del alcantarillado datado de diciembre de 1950, fecha en la que se realizaron las reformas para su adaptación a sede de la Universidad de Sevilla, quedando la fábrica tal como la conocemos en la actualidad. En ese mismo año el edificio sería abandonado por el Ministerio del Ejército y poco después, en 1955, trasladó su sede la Universidad de Sevilla. *Figura 2.*

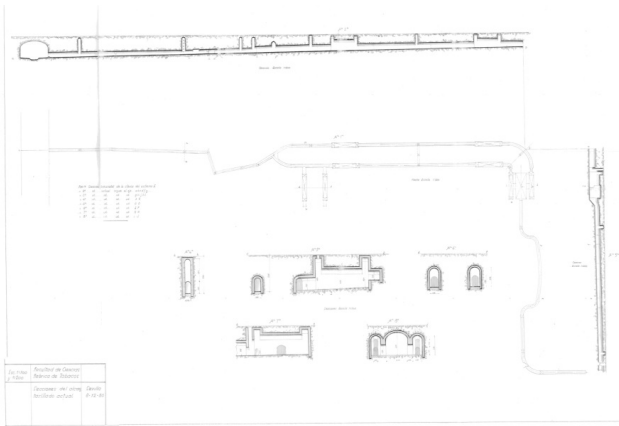


Fig. 2. Secciones de uno de los ramales y detalles del alcantarillado de la Fábrica de Tabacos. 1950. FIDAS.

En la actualidad, tras abandonar el edificio algunas facultades como Derecho, se va a someter el edificio a una remodelación importante y se ha elaborado, recientemente, el Plan Director para la intervención en el edificio. A continuación se puede ver el plano del estado actual y planos reformados que han sido facilitados por el Vicerrectorado de Infraestructuras de la Universidad de Sevilla. *Figura 3.*

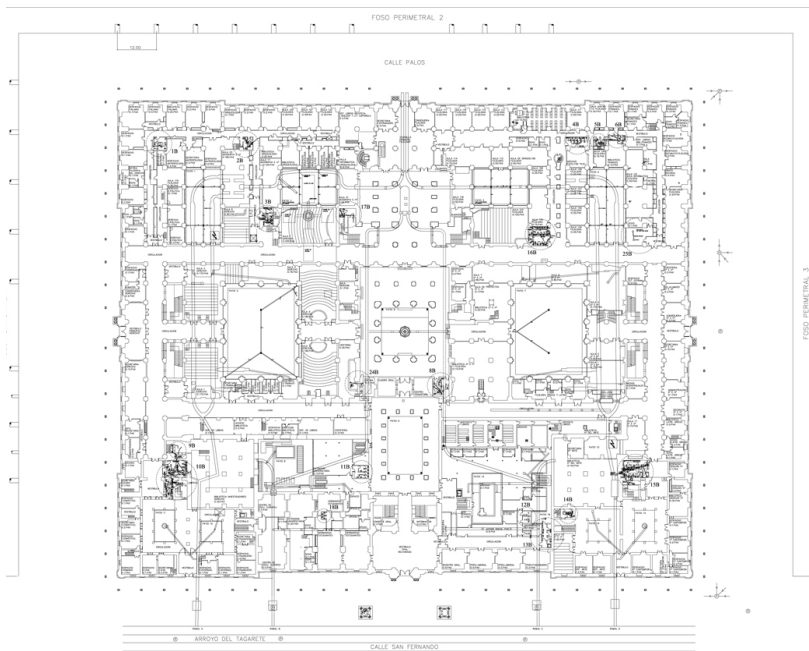


Fig. 3. Planta Baja de la Fábrica de Tabacos. Estado actual. 2011. Vicerrectorado de Infraestructuras de la Universidad de Sevilla.

RED HISTÓRICA DE ALCANTARILLADO

La red histórica cuenta con 4 ramales principales que discurren por la Real Fábrica en dirección suroeste noreste. Cada uno de los ramales recoge las aguas pluviales del edificio procedentes de fuentes, patios, azotea y de las explanadas exteriores. También cuenta con un sistema de 4 aljibes dispuestos en forma de cruz al que se accedía por una escalera de caracol. Lamentablemente, esta escalera fue cegada en la reforma de los años 50 por el forjado de una de las aulas de la Facultad de Derecho.

El agua llegaba a los aljibes directamente desde los propios pozos, a través de canalizaciones de los Caños de Carmona o desde la propia red de pluviales. Estos aljibes tenían uso industrial, aprovechándose para la elaboración del tabaco y para limpieza fundamentalmente. En la actualidad tres de los cuatro aljibes están en desuso quedando el cuarto (el situado más al sur) como depósito de agua de la red contra incendios. *Figura 4.*



Fig 4. Aljibe en desuso. Escalera de caracol cegada por forjado. Estado actual. 2011. Fuente: elaboración propia.

Cada uno de los ramales se ha estudiado en los puntos donde el acceso era seguro y no entrañaba riesgo. Destacamos en el ramal D, la compuerta situada en una de las cloacas. En este caso, la compuerta en sí no se conserva, aunque podemos apreciar las guías empotradas en los muros por las que se deslizaba sobre una longitud de más de 4 metros. En este punto de la red, el ramal hace un giro de 90° pasando de discurrir de sentido Este – Oeste a sentido Sur – Norte buscando la acometida al mencionado arroyo. Se compone de tres cuerpos abovedados con medio punto, construidas con fábrica de ladrillo macizo. Cada uno de los cuerpos mantiene alturas y longitudes diferentes. Además quedan adheridos a un cuerpo prismático donde quedaba enclavada la compuerta. *Figura 5.*

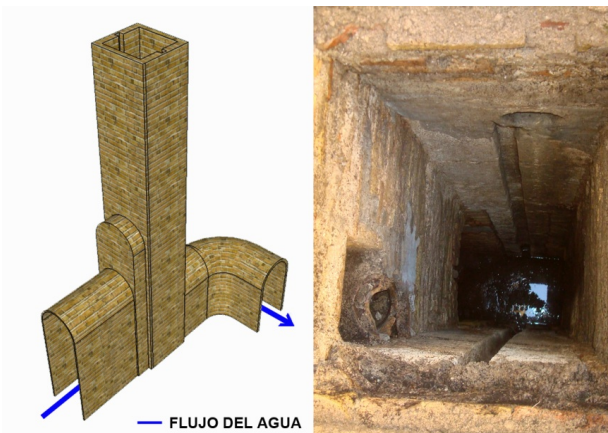


Fig 4. Modelo 3D de alcantarillado en compuerta. Vista superior de prisma que acoge la compuerta. Estado actual. 2011. Fuente: elaboración propia.



La misión de estas compuertas, por el lugar que ocupan en el edificio, eran mantener la humedad de la fábrica. En cambio, las situadas en la acometida directa al Tagarete tenían asignadas la función de protección en sus dos vertientes: La protección frente al contrabando de tabaco y las crecidas del Guadalquivir y el arroyo. Afortunadamente, aunque en desuso, encontramos la compuerta del ramal C justo antes de desembocar en el recinto abovedado del Tagarete e incluso se conservan los mecanismos que controlaban su funcionamiento (volante de acero con rueda dentada). *Figura 6.*



Fig 6. Compuerta de protección en acometida al Arroyo Tagarete. Ramal C. Estado actual. 2011. Fuente: elaboración propia.

ESTUDIO DEL ESTADO ACTUAL

El uso de la Fábrica previo a su adaptación a centro universitario en 1950 era un tanto diferente, por lo que el alcantarillado no había presentado problemas ya que había sido diseñado para unas condiciones de uso concretas que aún se conservaban. Con la designación del edificio como sede principal de la Universidad de Sevilla, las necesidades de los nuevos usuarios van a tomar un papel muy importante, siendo su uso completamente diferente. Se construyen varios cuartos de baños para satisfacer la afluencia de alumnado y profesorado, vertiendo directamente a la red histórica todas las canalizaciones procedentes de estos baños, cambiando así de un uso exclusivamente pluvial a un uso mixto pluvial-fecal. No tardó mucho tiempo en recibirse quejas de los propios empleados y alumnos sobre las condiciones, básicamente de olores, en las que estaban inmersos.

Tanto las atarjeas como las bóvedas no contaban con sistemas sifónicos, por lo que en épocas de lluvia, todos los sedimentos al ser arrastrados por el agua producían un hedor que en algunas dependencias era insoportable. Durante varios años se intentó dar solución al problema tratando de sellar las arquetas de registro a red e incluso se llegaron a tapiar habitáculos donde se ubicaban compuertas, siendo poco exitosa las soluciones planteadas.

Tras verificar la existencia de la red histórica a través de los puntos de control establecidos, la siguiente etapa a abordar fue la identificación de las zonas húmedas que presentaba el edificio así como los puntos de recogida de aguas pluviales tanto en azoteas, patios y exterior. De este modo, poder calcular el caudal total de agua que deberá recoger la red.

La cubierta

Con la inspección de la azotea, verificamos que un 70% evacua las aguas pluviales al exterior a través de gárgolas, aguas que a través de la red exterior volvía a conectar en la cabecera con el alcantarillado interior. Comprobamos que las gárgolas que alivian sobre las puertas estaban cegadas redirigiendo el agua a las adyacentes. Esto entendemos que se debe a que una de las modificaciones más significativas que sufrió el edificio en los años 50 fue la apertura de 3 nuevas puertas. El edificio cuenta en la actualidad con 4 puertas de acceso: la puerta principal, única puerta hasta entonces, en la cara noreste y la apertura de las otras tres en cada una de las fachadas. Al cegar estas gárgolas, se evitaría la proyección de agua sobre los usuarios al entrar al edificio. El 30% restante se recoge mediante bajantes donde algunos directamente desembocan en la red y otros lo hacen a través de los patios.

Explanada exterior

El desagüe del recinto exterior, actualmente, es conducido por suaves pendientes hasta el foso perimetral aunque en las proximidades del edificio son recogidas por imbornales en forma de canaleta. En un primer instante se pensó que estas aguas quedaban recogidas en la red histórica por los entrantes en la zona sur e incluso se dudó por la dirección del flujo. Sin embargo se pudo constatar que se trata de una red independiente y más actual (fecha indeterminada) que acomete directamente a la red de saneamiento de la empresa pública del agua en Sevilla (EMASESA) en la Calle Palos de la Frontera junto al hotel Alfonso XIII.

El edificio

Basándonos en los planos facilitados por la Universidad de Sevilla se realiza un estudio de trazabilidad entre documentación gráfica y estado actual. Tras el estudio de los planos y revisión de los datos obtenidos en campo, observamos que no se conserva la trazabilidad esperada en determinadas zonas. A modo de ejemplo, destacamos la red colgada en planta sótano, que no coincide con la distribución de aparatos de planta baja.

Esto nos llevó a dudar de la documentación aportada por la universidad y se decidió la elaboración de los planos de los núcleos húmedos de todo el edificio sobre los aportados.

Identificación y nomenclatura adoptada en la red de saneamiento

Para la rápida identificación de los núcleos húmedos se han denominado cada uno de ellos con un código alfanumérico compuesto por un número que identifica a los distintos núcleos húmedos de una misma planta (1, 2, 3, 4...) y por una letra que identifica la ubicación de planta (B: Baja, EB: Entreplanta Baja, A: Alta, EA: Entreplanta alta).

Una vez definido el local húmedo, aparecerán en su caso dos letras que hacen referencia al tipo de arqueta que pertenecen ese núcleo. Las letras utilizadas son:

- AP – Arqueta de Paso
- AH – Arqueta con evacuación directa a la red histórica
- AB – Arqueta a pie de bajante,
- AS – Arqueta sifónica.

A continuación, el número de arquetas quedará recogido por numeración romana.

Ejemplos:

3B – AH: Núcleo 3 del plano de planta baja, acometida a la red histórica.

4B – AP.IV: Núcleo 4 del plano de planta baja, arqueta de paso IV

2S –AB.II: Núcleo 2 del plano de planta sótano, arqueta a pie de bajante II

Los patios se identificarán mediante la letra P y una numeración correspondiente al patio que hace referencia.

Ejemplo:

P4-AB.I: Patio 4, arqueta a pie de bajante I.

El código para las arquetas ubicadas en planta sótano es SO, donde se identifica al sótano, a continuación la nomenclatura de dos letras correspondientes al tipo de arqueta y luego una numeración continua. Ejemplo: SO-AP13: Arqueta de paso número 13 ubicada en sótano

Análisis de núcleos húmedos

En el siguiente análisis se han tenido en cuenta la revisión de todos los núcleos húmedos con un total de 26 columnas en los que se encuentran los 40 cuartos de baños del edificio, en el que se ha recopilado información correspondiente a la identificación y numeración de aparatos, direcciones de vertido de aguas, diámetros de todas las canalizaciones visibles, materiales utilizados en las canalizaciones, levantamiento planimétrico de todos aquellos núcleos húmedos que no coincidían en planos, levantamiento planimétrico de todas las arquetas, levantamiento planimétrico de la red de recogida de aguas pluviales en patios e identificación de las arquetas o las conexiones en las que se evacua a la red histórica.

Las canalizaciones y conexiones observadas son de diferentes materiales. Las originales del edificio, como canalizaciones de material cerámico y canales de ladrillo, y las incorporadas en sucesivas remodelaciones de PVC y fibrocemento.



Los resultados del estudio de los núcleos húmedos quedan reflejados en la siguiente tabla:

Núcleos Húmedos	Lavabos	Inodoros	Urinarios	Piletas	Duchas
1A	1	2			
1B	2	3		1	
2A	2	2			
2B	3	2	2	1	
3A	5	3	2		
3B	3	3	2	1	
4B	4	5			
5B	1	1			
6B	2	2	2		
7S	3	3	1		
8B	3	3	2	1	
9B	2	2			
10B	13	12	6	2	
10EB	1	1			
10A	5	9	6	2	
11B	3	4			
11EB	1	1			
11A	3	4	3	1	
11EA	3	3	2	1	
12B	4	3			
13B	3	3	2	1	
13A	3	3	2		
14B	4	2		1	
14EB	1	1			
15A	4	6	6	1	
15EB	5	5	2		1
15B	9	13	5	1	1
16A	7	9	4	1	
16B	7	9	4	1	
17B	1	1		1	1
18A	2	2			
19A	1	1			
20EA	1	1			
20S	4	4	2		5
21EA	2	2	2	1	
21A	2	2	2	1	
21EB	2	2	2	1	
22EA	1	1			
23S	1	1	1		1
24A	4	3	2		
25B	4	2			
26B	ANULADO				
TOTAL	132	141	64	20	9

Fig. 7. Tabla de identificación de aparatos por núcleos húmedos. 2011. Fuente: elaboración propia

CONCLUSIONES

Con el análisis de cada uno de los núcleos húmedos se ha conseguido uno de nuestros objetivos obteniendo una documentación actualizada de los baños que dispone el edificio. Exceptuando el núcleo 23S y la red de imbornales exteriores que acometen directamente a la red de EMASESA, el resto de aparatos, bajantes, sumideros, fuentes etc. desaguan sobre la red histórica.

En el presente Plan Director se contempla la idea de implantar una red separativa donde se recojan las fecales y se canalicen directamente a los pozos que la empresa de aguas de Sevilla tiene en las proximidades. De esta forma permitir que el alcantarillado recupere una de las funcionalidades para la que fue diseñado, la recogida de aguas pluviales.

La acumulación de sedimentos, papel vertido por los inodoros, el uso de jabones, etc. están ocasionando daños severos en las atarjeas y en las galerías puesto que no están diseñadas para este fin. La pendiente del alcantarillado no supera el 1% por lo que la acumulación de sedimentos es cada vez mayor. Se propone, una vez realizado el sistema separativo descrito anteriormente como acción de mejora la limpieza de todo el alcantarillado por equipos especializados.

Por otro lado resaltar el valor arquitectónico y patrimonial de esta tipología de construcciones que pese a estar enclavadas en el subsuelo recae en ella un gran interés. Recuperar esta arquitectura no solo es buen gesto para la conservación del patrimonio sino que puede ser ofrecida a los miles de visitantes que recibe la ciudad cada año como un atractivo turístico y cultural. Para su conservación proponemos una actuación inmediata en labores de limpieza y restauración. Además se propone como futura línea de investigación la toma de datos con escáner laser 3D obteniendo así la maqueta virtual de todas las canalizaciones principales. De este modo obtendremos una documentación gráfica fiable, con rigor y actualizada de las bóvedas que forman la red histórica de saneamiento de la antigua Fábrica de Tabacos de Sevilla.

Referencias bibliográficas

López Bueno, Begoña, Serrano Martín de Eugenio, Luis *et al* "Visiones de la Real Fábrica: El sitio de la Universidad de Sevilla" 2011. Universidad de Sevilla.

Parrilla Cruz, Rafael, Martín Valverde, José María *et al* "Exposición Sevilla y el Tabaco: 28 Abril – 27 Mayo 1984. Tabacalera S.L. 1984.

Aparicio Carrillo, María Dolores y Marchena Gómez, Manuel Jesús. "100 planos de Emasesa" 2011. Emasesa Metropolitana.

Rodríguez Gordillo, José Manuel. "Historia de la Real Fábrica de Tabacos de Sevilla: Sede actual de la Universidad de Sevilla" 2005. Fundación Focus-Abengoa.

Morales Sánchez, José "La Real Fábrica de Tabacos: Arquitectura, territorio y ciudad en la Sevilla del siglo XVIII" 1991. Fundación Fondo de Cultura de Sevilla.

Iglesias, Helena "Fábrica Real de Tabacos de Sevilla" 1992. Tabacalera S.L.

Aguamarket. Diccionario del agua. www.aguamarket.com

Monsalve Sáenz, Germán. "Hidrología en la ingeniería" 1995. Escuela Colombiana de Ingeniería.

Cuevas Alcober, Luis. "Un ejemplar español de arquitectura industrial del siglo XVIII" 1946. Asociación Nacional de Ingenieros Industriales.

Sancho Corbacho, Antonio. "Arquitectura barroca sevillana del siglo XVII" 1952. Consejo Superior de Investigaciones.

Aguilar Piñal, Francisco. "Historia de la Universidad de Sevilla" 1991. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla

Falcón Márquez, Teodoro. "La antigua Fábrica de Tabacos" 1982. Boletín "Aparejadores" nº 9 diciembre



SEWER SYSTEM OF THE OLD TOBACCO FACTORY OF SEVILLE

Antonio Manuel BARBA GARCÍA
Daniel HERNÁNDEZ MACÍAS

Universidad de Sevilla
Departamento de Ingeniería Gráfica

The Royal Tobacco Factory of Seville is one of the largest buildings in Spain and this is considered in the top category of the industrial architecture in the eighteenth century. Specifically it is the second largest building in Spain, second only to El Escorial.

Participated in its design Spanish and Dutch military engineers (Ignacio Sala, Diego Bordick and Van der Borcht), which gave to the factory the essence of fortress to cope with major threats posed by the smuggling of tobacco. This feature allowed a later military use since the nineteenth century until 1929, returning shortly the military occupation, until 1950, as host of different battalions.

Five years later, went to a university use, and it is currently the headquarters of the University of Seville.

As usual, when speaking of architecture, we think in buildings raised above the surface. However, we forget the buildings and architecture that through the underground, which may be equally or more important than the buildings on the surface.

Focusing on underground construction in the old Royal Tobacco Factory of Seville, should be noted the sewage, it was performed mostly by brick vaults that running in 4 branches throughout the factory before flows into the "Tagarete" stream (channelized and lay underground). The branches have a system of locks with a threefold mission. On the one hand, they allowed protecting the factory from the stream's overflow and avoiding possible catastrophic losses. On the other hand, they were used as a door to curb the abuses of smugglers. Finally, the gate system was also used to keep the relative humidity in the rooms where they worked with the tobacco. The river played a key role in the factory, although it had its own piped water supply through wells and pipes from Caños de Carmona.

Over the years and changes in uses, the Factory has suffered numerous interventions of reforms and adaptations. Many of these reforms are documented, however, as regards sewage; the graphic documentation is outdated and poor. Currently, the building has serious problems of damp and stench, mainly in basements.

Given its current state and problems, the main objective of this work is the study of the existing documentation and the traceability that may exist with the building of the present Royal Tobacco Factory. A second objective is also to pay attention to the condition of the materials and sanitation system that remains today, verifying the functionality and proper use.

Our study was initially based on the available documentation where we could see, or at least derive some of the aspects that defining of sanitation facilities in place at the factory.

We have a map dated 1903, framed and hung on the flag of Brazil (Building Expo from 29, used today by the University. Paseo de la Palmera s/n, Seville) which shows a plot of the disposal facility Tagarete stream waters. The plane has been restored and digitized for an overlap with the current state.

The digitization of sanitation has been used a color code, opting to use red and blue network estimated for the network has been established by visual study "in situ". Admitted to the galleries is not possible for safety reasons, since the galleries include both sewage and storm water sewage. It is likely that in such humid environments with poor ventilation and gases accumulating fungi harmful to health, so that the inspection has been provided from the outside. As an exception, has had access to the reservoirs and that they had input for maintenance and they do not run sewage.

On the other hand the access points have been very specific, which does not cause damage to required materials or damage to the walls.

By analyzing each of the wet cores was achieved one of our goals of obtaining updated documentation restrooms available to the building. Except for the 23S core network and external scuppers rushing directly to the network of EMASESA, the other fixtures, downspouts, drains, sources, etc. drain on the historical network.

The accumulation of sediment discharged by the toilet paper, use of soaps, etc. are causing severe damage to the sewers and in the galleries as they are not designed for this purpose. The slope of the sewer does not exceed

1% so that the accumulation of sediment is increasing. It offers room for improvement as cleaning all sewers by specialist teams.

This master plan contemplates the idea of developing a network for the collection of separate the fecal and be channeled directly to the wells that the water company of Seville have close. Thus allowing the sewer to recover one of the functions for which it was designed, the collection of rainwater.

On the other hand highlight the architectural and heritage value of this type of construction that despite being locked in the basement lies a great interest in it. Retrieve this architecture is not only nice gesture to heritage conservation but can be offered to the thousands of visitors to the city every year as a tourist and cultural attraction. To preserve propose immediate action in cleaning and restoration. It is also proposed as a future line of research data collection with 3D laser scanner thus obtaining the 3D virtual model of all main pipelines. In this way we obtain a reliable graphic documentation, rigorous and up from the vaults that form the historical network to clean up the former tobacco factory in Seville.



METODOLOGÍA PARA CONSERVACIÓN DE LA ARQUITECTURA QUE CREA EL ESCENARIO URBANO. LA CALLE GOBERNADOR VIEJO.

Ángeles BENLLOCH CASTELLÓ
Ana TORRES BARCHINO

Universidad Politécnica de Valencia
Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio

Resumen

With the passage of time, has the renovation work carried out on the facades of the buildings in the historic centres of Europe changed their original look? The question is of fundamental importance, both theoretically and technically. In the historical centre of Valencia, in particular Old Governor Street, we made an analytical study and designed activities on the issue of the architectural composition of similar facades. Examples of the importance of these urban fabrics have led to the development of historic centres.

The study was conducted from a formal and historical context, with a foundation set on carrying out a methodology for the conservation of the architecture that helps to shape the historic urban landscape.

Texto Comunicación

La transformación de las fachadas de los edificios del centro histórico en Europa, con el transcurrir del tiempo han modificado la percepción de los mismos. La cuestión es de fundamental importancia, tanto desde el punto de vista teórico como técnico, y lo podemos fácilmente constatar si consideramos el número de edificios en los que los acabados tradicionales de yeso y cal han sido sustituidos a partir de los años setenta con cerámicas y revoques plásticos.

Dentro de este tema consideramos los tejidos urbanos que forman el escenario urbano tradicional de los centros históricos como fundamentales para la conservación de los mismos. Marginados, muchas veces, frente a construcciones con un carácter notorio o emblemático que han tomado una posición ventajosa en el momento de priorizar las intervenciones en la ciudades históricas.

En este debate se siente la necesidad de afrontar cualquier intervención desde los parámetros de la globalidad de conjunto y con la suficiente consciencia histórica. Por ello las aportaciones filológicas, la sensibilidad histórica del proyectista y la herramienta de la propia disciplina arquitectónica deberán ser capaces de resolver el proyecto del episodio en el cual se plantea la intervención, lejos de soluciones de carácter momentáneo, ligadas a modas más o menos justificadas, que supongan un enmascaramiento del propio lenguaje arquitectónico que se quiere rescatar(1).

Para el centro histórico de Valencia y en particular para la calle Gobernador Viejo se ha realizado un estudio analítico y proyectual relativo a la cuestión de la composición arquitectónica de las fachadas de la misma. Ejemplo de la importancia que estos tejidos urbanos han supuesto para el desarrollo de los centros históricos.

La ciudad de Valencia ha experimentado desde su fundación innumerables vicisitudes urbanísticas. Por un lado, el crecimiento demográfico provocó sucesivas ampliaciones del recinto urbano primitivo, y por otro, la excesiva densificación de las zonas centrales indujo a la realización de importantes reformas en su interior (2).

Hasta el setecientos la ciudad todavía presentaba dimensiones reducidas y se articulaba dentro de la muralla musulmana. Será solo al final del siglo XVIII cuando empezará una expansión que tendrá efectos visibles en la morfología de la ciudad y de forma particular en los edificios de la misma.

La ciudad de Valencia, nota hasta el momento como ciudad conventual por la cantidad de edificios eclesiásticos; sufrió otro episodio importante; la desamortización de 1837, en la cual muchos edificios religiosos fueron transferidos fuera de la ciudad y el lugar que ocupaban estos se realizaron nuevas construcciones o se reutilizaran con nuevas funciones. De esta forma se pudo subsanar parte del problema de salubridad y concentración que en las últimas décadas estaba sufriendo la ciudad de Valencia.

En torno al Setecientos, se produce la demolición progresiva de la muralla y se empiezan a construir muchos edificios. Se trata de construcciones realizadas en el periodo que va desde el 1750 al 1850 que fueron ejecutadas según el estilo de la época y posteriormente se transformaron adaptándose al gusto del momento. Estos edificios aumentan su volumetría, volviéndose, a lo largo del Ochocientos más altos y caracterizados por una mayor densidad constructiva y residencial, periodo en el cual se rediseñaran sus frentes.

A lo largo del siglo XIX las características arquitectónicas se irán modificando según las indicaciones de la Real Academia de San Carlos. Se trata de una arquitectura caracterizada por fachadas con una composición tripartida con apariencia clásica, en la que se diferencia, zócalo, cuerpo principal y remate. A este esquema se irán añadiendo decoraciones formales de carácter clasicista. Hasta llegar al final del siglo al abandono del clasicismo para dar paso al eclecticismo.

Al final del Setecientos y coincidiendo en gran parte con el trazado de la actual calle Gobernador Viejo todavía se podía apreciar la antigua muralla medieval. Con el abatimiento de la misma, la calle ira modificándose paralelamente al proceso evolutivo de la ciudad. A partir de este momento surgirán los edificios que actualmente conforman la fisonomía de la calle.

La calle Gobernador Viejo de Valencia está situada en uno de los barrios más característicos de la ciudad: el Barrio de la Seu Xerea. Este barrio, se presenta como un conjunto de edificaciones, en el que son reconocibles restos de todas las etapas de la historia de la ciudad cuya tipología arquitectónica ha ido modificándose a lo largo del tiempo, paralelamente a la evolución de la ciudad. Actualmente presenta un tejido urbano caracterizado por las edificaciones de la vivienda burguesa del siglo XIX y XX.

La Seu-Xerea es el barrio más antiguo de la ciudad histórica. Es la unión en un solo ámbito de dos zonas, la Seu cuyo centro es la catedral y la Xerea formado por el entorno del arrabal de la Xerea donde estaba situada la antigua puerta de igual denominación.

Frente a la abundancia de asentamientos nobiliarios, contrasta la existencia de núcleos populares, constituidos por pequeñas edificaciones artesanales y vecinales de reducidas dimensiones, y que tiene su núcleo más representativo en los alrededores de la plaza de San Bult, lugar antiguamente ocupado por el arrabal de de la Xerea. La calle Gobernador Viejo es el elemento que conecta el antiguo sector de la Seu y el arrabal de la Xerea (3).

La mayor parte del trazado de la calle corresponde a la antigua muralla islámica (4). Esta no fue destruida sino que se convirtió en un segundo anillo defensivo y no será destruida en un momento concreto, sino que ira siendo eliminada a lo largo de los años o bien integrándose en las inmediatas construcciones. En el siglo XVIII los restos de la muralla aun eran muy numerosos y será solo a partir de este momento cuando se empiecen a construir la mayoría de los edificios que la definen. Posteriormente, en el arco del siglo XIX, se completaron o se remodelaron los edificios que actualmente la configuraran.

El recinto islámico quedó delimitado durante el siglo XI por una muralla que, en este barrio, seguía el trazado del río entre las Puertas de Al-Cantara (actual Serranos), "Al-Warrac" (Trinidad) y Al-Sakhar" (Temple), dirigiéndose a continuación hacia el sur siguiendo el trazado de la actual calle Gobernador Viejo hasta la puerta de la Xerea (Plaza San Vicente Ferrer), para continuar por la actual calle de las Comedias (5).

Sobre la denominación de esta calle, según los escritos de Boix (1862) (6), se tienen noticias de ella desde 1368. Además del lugar, la menciona el Mustassaf en providencias de 12 de Mayo de 1643 y del 12 de febrero de 1693, y en una escritura ante Vicente Camps del 26 de Junio de 1683. Esta debe su nombre a D. Ramón Boil, gobernador de la ciudad de Valencia que vivió en ella, y murió en 1407 en los alrededores de la misma. Esta calle como el resto del barrio de la Seu-Xerea es una trama compleja en la que conviven edificaciones de gran tamaño encomendadas a servir de vivienda a familias nobles intercaladas con edificaciones menestrales (7) de dimensiones reducidas que originariamente debieron tener un origen medieval.

Este tipo de edificaciones pertenecen a un período histórico concreto, cuyo valor reside en la composición y morfología de los mismos y cuyas características conformaran el posterior desarrollo urbano-arquitectónico de las ciudades, en este caso particular de la ciudad de Valencia.

Hasta hace poco cuando se realizaban las restauraciones, el estudio cromático se efectuaba solo en edificios emblemáticos y singulares, olvidándose de esta parte de edificaciones que en su conjunto forman una parte no menos importante de tejido urbano que como dicho anteriormente es representativo de un período histórico y que por tanto debe ser afrontado.

El estudio se ha realizado desde un punto formal, histórico e di contexto, configurando la base en la realización de una metodología para la conservación de la arquitectura que crea el escenario urbano histórico.

En la **primera fase** se ha realizado una investigación de las fuentes documentales centrándose particularmente en el Archivo Histórico Municipal de Valencia

Las fuentes documentales son aquellos documentos que nos aportan conocimientos para la investigación. Se clasifican en fuentes directas y fuentes indirectas. Las fuentes directas, que son aquellos documentos que nos aportan conocimientos que podríamos denominar de primer orden como por ejemplo: testimonios de los autores, contratos, protocolos, facturas.... Noticias y crónicas, Cartografía histórica, Historiografía, etc. Y las



fuentes indirectas que son el resto de documentos que puedan tener relación con el autor de la obra y que pueden ser necesarios para entenderla como es la Teoría arquitectónica (Tratadística, teórica, constructiva, libros de modelos...), la historia de la religión como marco histórico y la literatura.

En el estudio que se ha realizado se han considerado 3 tipos de fuentes documentales de las anteriormente citadas: La cartografía, los tratados y la documentación de archivo.

También se ha realizado una búsqueda de material fotográfico en los varios archivos de Valencia, en particular el ubicado en San Miguel de los Reyes en el que solo se ha encontrado solo una fotografía histórica (fig 1).

En el Archivo Histórico Municipal de Valencia, en el que se han encontrado 164 documentos que se han analizado y clasificados en función de la manzana histórica a la que hacían referencia. Con este material se han realizado fichas (Fig. 2) históricas, en ellas se ha indicado la evolución cronológica, señalando las modificaciones arquitectónicas que se iban encontrando. Además han sido clasificadas según el año en el que se realizaron, así como el autor y propiedad de las mismas, mediante un estudio particularizado de cada edificio que en la actualidad constituye la calle Gobernador Viejo.

De la mayor parte de los documentos descritos, gestionados según las indicaciones de la Real Academia de San Carlos que se han encontrado, son solo los relativos a nueva construcción, demoliciones y reparaciones. (Fig. 3)

1. Nueva construcción. Aquí están recogidos los documentos relativos a las peticiones de nueva construcción o de intervenciones que conllevan una alteración de las características del edificio al que pertenecen, tanto por su envergadura cuanto por su alteración compositiva, por tanto pueden ser incluidos en la categoría de nueva construcción.
2. Demoliciones. Son expedientes en los que los edificios se presentaban en condiciones de ruina. Después de verificar el estado en las que se encuentra el edificio, en el documento se indicaba que se podía proceder a la demolición parcial o total del mismo.
3. Reparaciones. Se trata de peticiones de permisos para la reparación de elementos deteriorados o a la modificación o sustitución de partes en la misma fachada. Se tiene que considerar que en algunos documentos estas reparaciones constituyen alteraciones de gran envergadura que renuevan totalmente las características arquitectónicas del edificio, generalmente para adaptarlo a los nuevos gustos. Otro aspecto interesante es que estos documentos en raras ocasiones incorporan dibujos que dejan entender como era el edificio después de la modelación. Pero sobre todo, en este último grupo encontramos documentos pertinentes a la apertura de ventanas en la fachada o cerramiento de puertas.

50

En casos concretos, en los documentos se hace mención al mismo maestro de obra o arquitecto que realizó el trabajo. Se ha podido determinar que muchos de los arquitectos Valencianos pertenecientes a la Real Academia de San Carlos (8) han trabajado en los edificios de esta calle. Entre ellos encontramos: Antonio Gómez Davo, Antonio Martorell, Enrique Viedma Vidal, Felipe Labradorero, Felipe García, Fernando Almenar Francisco Ribes, Javier Goerlich, Joaquín María Belda, José María Fuster, Juan Luis Calvo, Luis García Cardona, Ricardo Cerda, Salvador Monmeneu, Sebastián Monleon, Vicente Bochons y Vicente Cerdá. Todos ellos miembros de la Real Academia de San Carlos y valencianos. Además de Joaquín Calvo y Higinio Cachavera que pertenecían la Real Academia de San Fernando (9).

Para completar esta primera fase se han tenido en cuenta también otras fuentes documentales como algunos tratados españoles, entre los cuales se han destacado los que hacen referencia a materiales y técnicas constructivas que en ese momento seguían las instrucciones de la Real Academia de San Carlos:

Otra fuente documental que se ha analizado es la cartografía histórica valenciana, mediante la cual ha sido posible establecer la evolución general de la calle. Se han podido constatar características morfológicas y convencionales necesarias para la correcta interpretación de la documentación de archivo encontrada (Fig. 4).

En la **segunda parte**, de carácter analítico se ha realizado un estudio de cada una de las fachadas que componen la calle de Gobernador Viejo, con el fin de entender los elementos formales y los materiales que constituyen el conjunto de la misma y todas aquellas características que determinan su construcción y morfología. Con esta información se han clasificado los edificios según la especificación tipología en la que el Grupo de Investigación del Color en el Patrimonio Arquitectónico del Departamento de Expresión Gráfica de la Universidad Politécnica de Valencia, ha catalogado los edificios del barrio de la Seu-Xerea. También de forma global se ha realizado análisis del degrado de los edificios, para poder identificar la intensidad de deterioro de las mismas y clasificarlas en función de la necesidad de inmediatez de intervención de estas.

Se han elaborado dibujos de los esquemas compositivos de cada una de las fachadas de los edificios realizadas antes del 1950. En el que se evidencia la morfología de los frentes según la tipología a la que pertenecen (Fig. 5).

Este análisis se fundamenta en los estudios realizados por el departamento del color de la UPV. Las características generales de la composición a las que ha llegado dicho departamento es la siguiente (10):

- Utilización de molduras elaboradas, con el empleo de cornisas y recercos de ventanas.
- Disposición de zócalos y plantas bajas almohadilladas, que se diferencian del resto del conjunto.
- Cuerpo principal de la edificación controlado compositivamente mediante el uso de ordenes clásicos mediante pilastras, lo que hace resaltar jerárquicamente este cuerpo del basamento o del remate superior.
- Remate de cornisa elaborado o un ático con ventanas.
- Uso de la composición horizontal mediante la disposición de cuerpos laterales, cuando el ancho de la fachada lo permita.

Podemos afirmar que esta composición arquitectónica, se resalta mediante la diferenciación cromática de los diferentes elementos formales. Las reglas generales que resultan son las siguientes.

- Se manifiesta un uso generalizado del color por planos lisos, coloreándose los planos de fondo y existiendo un tratamiento cromático diferenciado de los elementos ornamentales.
- Se distingue cromáticamente entre zócalo, la planta baja y las plantas de piso, en un intento de jerarquizar cada una de las partes del edificio en la composición general.
- Cuando las dimensiones lo permiten a la composición tripartita se le añaden remates laterales y se tenderá a distinguirlos del cuerpo central.
- Los pisos se diferencian con una moldura de forjado, independientemente de la composición de la fachada del edificio, evidenciado mediante la cromía.
- Cuando hay diferentes niveles de molduras o planos de fondo, se usará el color para diferenciarlos.

Por lo tanto en el proyecto de propuesta de recuperación no se impone el uso de particulares colores, en ella se ha intentado respetar al máximo las características arquitectónicas de los edificios y del entorno urbano, verificados en función del estudio meteorológico realizado y apoyándose en las características cromáticas de los edificios de la Seu-Xerea .

Como **tercera** y última parte del trabajo se dan las pautas a seguir en la elaboración de una propuesta de metodología de conservación a través de la materia, y la composición arquitectónica de las fachadas que forman dicha calle. Dichas pautas han estado condicionadas, tal cual indica la propia definición, por el material constructivo, por el grado de deterioro que presentan, así como por la composición de los elementos arquitectónico-decorativos que intervienen en la configuración del conjunto arquitectónico y urbano de esta calle.

En función de las informaciones que poco a poco se han ido generando se ha elaborado un listado de criterios necesarios para la propuesta de recuperación de cada uno de los edificios. Para ello se ha establecido una gradación en la saturación del tono de las diferentes unidades arquitectónicas con el fin de dar una correcta lectura a los varios planos de las fachadas. Estos son (Fig. 6):

- Cuando se encuentre piedra como material de fachada, esta se deberá conservar según su propia esencia, granulometría y color. Este elemento se encuentra generalmente en el zócalo de los edificios.
- Las porciones de frente de las plantas principales se conservarán en su actual acabado que generalmente está hecho con mortero liso y con una granulometría fina en la que el tono corresponderá al propio establecido como base.
- Las porciones de frente que generalmente se encuentran en la planta baja, se conservarán en su actual elaboración y su valor o saturación será oscura o más clara respecto al tono del frente de forma que se diferencien.
- Las porciones de frente, generalmente en la última planta (remate o ático), se conservará en el actual acabado en estos ejemplos con mortero liso y granulometría fina y su valor de saturación leve respecto al tono del frente.
- Los elementos decorativos como cornisas, lesenas, etc. se conservarán en su actual elaboración. Estos deberán tener un valor o saturación media, clara u oscura respecto al tono de color del frente de forma que se distinga respecto al resto de los elementos que componen la fachada.

Respetando los anteriores criterios se han analizado de forma particularizada los frentes de algunos edificios específicos por tipologías.



Palacio: Para los palacios los criterios serán los mismos, pero la lectura se ha realizado de forma individual. Esta tipología no responde a un esquema compositivo estandarizado, cada caso tiene su propia morfología.

Artesanal Tipo B: Se ha considerado necesaria la diferenciación cromática fondo-ornamento.

Vecinal: En esta tipología se ha considerado necesaria la diferenciación cromática de los elementos formales además de la distinción entre de varias plantas, la planta baja y el ático o remate. También se mantendrán con el propio tono la madera o la piedra, materiales presentes sobre todo en la planta baja.

Señorial ecléctica: En esta tipología es importante evidenciar mediante tonos los diferentes cuerpos y elementos que componen el edificio, en este caso la planta baja, la planta noble y el remate. Además de respetar la esencia y el tono de la piedra presente en el zócalo de la planta baja.

En conclusión Para la elaboración de dicho proyecto basado en la recuperación de los lienzos prospectivos, es fundamental interpretar lo que el edificio nos está mostrando con sus propias características morfológicas. Para ello ha sido fundamental tener en cuenta el análisis compositivo y archivístico realizado sobre cada edificio. Será fundamental la máxima conservación de la materia histórica, es decir, el color-materia como el tiempo lo ha transmitido al presente. Cuando sea necesario proponer colores diferentes, estos no serán solo los de la tradición histórica, si no los dictados por las características de los propios edificios y de su posición dentro del contexto urbano.

Este proceso metodológico para la conservación de las arquitecturas que crean el escenario urbano histórico, servirá para facilitar futuras intervenciones en edificaciones de la calle Gobernador Viejo en particular. Y en general a todos los conjuntos urbanos que lo requieran, de forma que esta no sea destructiva y sobretodo que no rompa el escenario o lienzo urbano del que forma parte. De este modo se facilita la conservación de nuestros centros históricos y con ello de gran parte de nuestra memoria que es una parte del legado que se transmitirá a las futuras generaciones.

Todos estos edificios originan la edificación que crea el entorno urbano histórico, caracterizada por construcciones residenciales que en la mayor parte de los casos no son singulares, son de pequeña escala, cuyo valor no está en la individualidad de cada edificio, si no en la escenografía urbana que la definen. Los edificios que hacen parte de nuestra investigación hacen parte de un entorno histórico y de consecuencia crean una parte del escenario de la ciudad histórica. Por tanto es importante salvaguardar su imagen y para ello es necesario el mantenimiento de las características arquitectónicas.

(1) Codoñer García, *Introducción, El color en el barrio de Velluters*, Valencia, Ayuntamiento de Valencia, 2000.

(2) AA.VV. *Estudios Previos: Cartografía Histórica de la ciudad de Valencia*, Valencia, Universidad de Valencia, 2004.

(3) "En el año 1356 se procede a la construcción de la nueva muralla, que ensancha los límites de la ciudad intramuros, y que servía para incorporar al espacio englobado por la muralla, los arrabales exteriores (Roteros, Xerea y Boatella, así como los conventos extramuros y el nuevo espacio del nuevo mercado)".

(4) Según nos indica Esteve Forriol, "El recinto amurallado pasaba por la calle gobernador Viejo hasta llegar al punto de partida, la esquina del Temple, pasando por la desembocadura de la calle Aparisi i Gujarró, donde debió situarse otra puerta".

(5) AA.VV. *Conocer Valencia a través de su arquitectura*, Valencia, ICARO, 2005.

(6) BOIX, *Crónica de la provincia de Valencia. 1867, Valencia histórica y topográfica. Relación de sus calles, plazas y puertas, origen de sus nombres.*, Tomo I y II, Valencia: imprenta de J.Rius editor, 1863.

(7) "Las edificaciones menestrales eran edificaciones de pequeñas dimensiones con reducida anchura de fachada (entorno a los 5 metros), que constituían una trama densa y abigarrada y que eran ocupadas por individuos que realizaban un oficio".

(8) La Real Academia de Bellas Artes de San Carlos (1768-1785). "Sus antecedentes se encuentran en la petición al rey Fernando VI por parte de artistas valencianos para que se crease una Academia. El rey concedió el permiso y se creó la Academia de Santa Bárbara en honor a la esposa de Fernando VI, Bárbara de Braganza, en la sede de la Universidad de Valencia. Con la muerte del monarca y las dificultades económicas, el centro desapareció. Fue más tarde cuando, retomando la idea original, el rey Carlos III otorga por Real Cédula el reconocimiento de la academia el 14 de febrero de 1768, siguiendo el modelo de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando dentro de la corriente del periodo ilustrado español y siguiendo la tradición francesa. Web de la academia".

(9) "La Real Academia de Bellas Artes de San Fernando fue creada en 1752, con sede en Madrid (España). La primera y temprana propuesta de la fundación de una Real Academia de Bellas Artes en España se debe al pintor Antonio Meléndez, quien, en 1726, propuso a Felipe V "erigir una Academia de las Artes del diseño, pintura, escultura y arquitectura, a ejemplo de las que se celebran en Roma, París, Florencia y Flandes, y lo que puede ser conveniente a su real servicio, a el ilustre de esta insigne villa de Madrid y honra de la nación española". Aquel proyecto no prosperó debiendo esperar a la propuesta de otro artista, el escultor italiano Domenico Olivieri quien, estando al frente del taller de escultura del Palacio Real Nuevo, había solicitado real permiso a Felipe V para abrir una Academia privada que llegó a funcionar desde 1741 hasta 1744. Esta preliminar experiencia fortaleció la idea de fundar finalmente una Real Academia, a iniciativa del propio Olivieri (1742), pero que no llegó a materializarse hasta dos años más tarde bajo el provisional nombre de Junta Preparatoria, entre 1744 y 1752. Sitio web de la Real Academia de San Fernando".

(10) GARCIA, VERDÚ, TORRES, VILLAPLANA, *El color en barrio de la Seu Xerea de Valencia, Sant Francesc, Mercat*, Valencia, Ayuntamiento de Valencia, 2008.



Fig 1. Fotografía del archivo histórico de la Biblioteca de San Miguel de los Reyes. Valencia.



Nº 5		Manzana 100 - Actual 17		INVESTIGACIÓN DE ARCHIVO - FICHA HISTÓRICA		
Refer. Archivo	Año	Propiedad	Arquitecto	Descripción	Docum. Gráfica	
	1847		José Escribá (arquitecto de la Academia de San Carlos)	Demolición y sucesiva modificación de la fachada... colocada una hilada de piedra de sillera... prohibidos de color con el color blanco el canchales y tiradas de arco, como solo las piezas de carpintería y cerámica de la fachada... después por último revocado nuevamente esta fachada con fines decorativos y armonizados a su vez orden de construcción.	SI	
	1903	José Cañellas (administrador)	Juan Luis Calvo	Reparación de la cornisa del edificio.	NO	
	1903	José Cañellas (administrador)	Juan Luis Calvo	Restauración de la puerta de entrada principal... cambiando por otro nuevo el balcón de piedra de sillera para las ventanas y restaurar y reparar el cuerpo interior de la fachada.	NO	
	1916	Miguel de Castella y Cubells (abogado y notario)	Pascual Cerdà (maestro de obras)	Reparar los ventaneros y colocar en ellos ripas, según el plano adjunto que se acompaña.	SI	
	1922	Miguel de Castella y Cubells (abogado y notario)	Francisco Almaraz	Ampliar la galería del primer piso. Como indican los dibujos.	SI	
	1929	Miguel de Castella y Cubells (abogado y notario)	Joaquín Mesa Cebal	Reparaciones que no afectan a la estructura del edificio.	NO	

Fig. 2. Ficha estudio correspondiente al edificio sito en el número actual 17 de la calle Gobernador Viejo.



Fig 3. Fachada del edificio recayente en la calle Gobernador Viejo n.8 (1818) Documentación del Archivo Municipal del Ayuntamiento de Valencia.



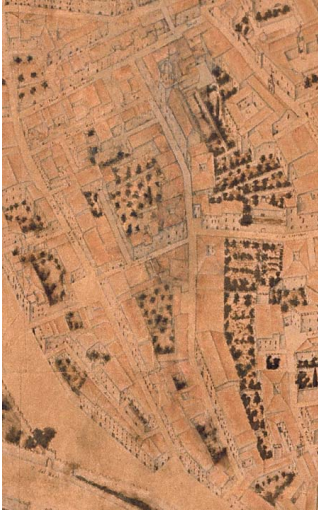


Fig 4. Detalle de la calle Gobernador Viejo (1704) VALENTIA EDETANORUM aliis CONTESTANORUM, vulgo DEL CID. ICHNOGRAPHICE DELINEATA a Dre. Thoma Vincentio Tosca Congreg. Oratorij Presbytero.

54



Fig 5. Análisis compositivo de la fachada recayente en la calle Gobernador Viejo n. 31.

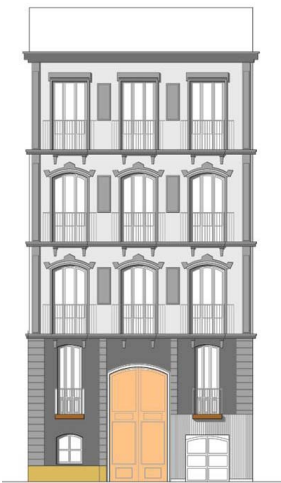


Fig 6. Análisis cromático de la fachada recayente en la calle Gobernador Viejo n.10

Referencias bibliográficas

- AA.VV., 2004, *Historia de la ciudad. Arquitectura y transformación urbana de la ciudad de Valencia*, ICARO, Valencia, ICARO.
- AA.VV., 2005, *Historia de la ciudad. Memoria urbana*, ICARO, Valencia, ICARO.
- AA.VV., 2000, *Historia de la ciudad. Recorrido histórico por la arquitectura y el urbanismo de la ciudad de Valencia*, Valencia, ICARO.
- Aldana Fernández S., 1999, *Valencia. La ciudad amurallada*, Valencia, Generalitat Valenciana.
- Benito Goerlich D., 1992, *La arquitectura del eclecticismo en Valencia*, Ayuntamiento de Valencia, Valencia.
- Carboneres M., 1992, *Nomenclátor*, Domenech, Valencia.
- Esteve Forriol J., 1999, *Fundación Romana*, Valencia, Federico Doménech S.A., Valencia.
- Rosselló V., Esteban Chapapriá J., 2000, *La fachada Septentrional de la ciudad de Valencia*, Edición de la fundación Bancaja, Valencia.
- Pérez de los Cobos Girones F.J., 1992, *Palacios y casas nobles*, Domenech, Valencia.
- Giambruno M., 2002, *Verso la dimensione urbana della conservazione*, Alinea Editrice, Firenze.
- AA.VV., 1993, *Estrategias de intervención en los centros históricos*, C.O.A.C.V. Valencia.
- Domínguez J., 2001, *Intervenciones en la ciudad histórica*, C.O.A.C.V , Valencia.
- AA.VV., 1999, *5 años de intervenciones en la ciutat vella*, ICARO, Valencia.
- AA.VV., 1992, *Ciutat Vella: Materiales para el urbanismo*, ICARO, Valencia.
- García, A.; Verdú, J.; torres A.; Masiá,J.; Villaplana, R., 1995, *El color del centro histórico. Arquitectura histórica y color en barrio del Carmen de Valencia*, Ayuntamiento de Valencia, Valencia.
- García, A.; Verdú, J.; torres A.; Masiá,J.; Villaplana, R., 2000, *El color en barrio de Velluters de Valencia*, Ayuntamiento de Valencia, Valencia.
- García, A.; Verdú, J.; torres A.; Masiá,J.; Villaplana, R., 2008, *El color en barrio de la Seu Xerea de Valencia*, Sant Francesc, Mercat, Ayuntamiento de Valencia, Valencia.
- AA.VV., 2001, *Conocer Valencia a través de su arquitectura*, ICARO, CTAV, COACV, Valencia.
- AA.VV., Octubre 1988, *Normas urbanísticas. Plan general de ordenación urbana*, Valencia, Ayuntamiento de Valencia, Valencia.
- Boix V. 1863, *Crónica de la provincia de Valencia. 1867. Valencia histórica y topográfica. Relación de sus calles, plazas y puertas, origen de sus nombres*, Tomo I y II, Valencia: imprenta de J.Rius editor, Valencia.



ARCHITETTURA DELL'INGANNO: ARTIFICI PROSPETTICI DEI QUADRATURISTI NELLA GRANDE DECORAZIONE DI ETÀ BAROCCA IN TOSCANA

Stefano BERTOCCI

Università degli Studi di Firenze ITALIA
Dipartimento di Architettura Disegno-Storia-Progetto

Abstract

Between the 17th and 18th century, perspective was used from *quadraturisti*, painters with clear knowledge of architecture and scenery, operating in great decoration of Baroque in Tuscany, as the main instrument for the representation of virtual architectural systems, enriching the interiors of churches and palaces.

A fundamental contribution to the development of the knowledge of artists, in addition to the large amount of treatises on perspective that develops between the sixteenth and seventeenth centuries, is constituted by the circulation of the *Treaty* by Andrea Pozzo, who manages to synthesize in a single theoretical work all the acquisitions of science of representation in the field of perspective and anamorphic views, thus providing the theoretical and practical tools to meet the perceptual needs in order to build a 'virtual' experience of the three-dimensional space.

Premessa

Il quadraturismo è un genere pittorico molto diffuso nell'età barocca, ma ancora poco indagato data la complessità dei costrutti illusionistici che implicano uno studio interdisciplinare coinvolgente gli ambiti della storia dell'arte, delle tecniche della rappresentazione, della storia dell'architettura e delle tecniche pittoriche. Facendo seguito alla mozione espressa dai partecipanti al primo convegno su "*L'architettura dell'inganno. Quadraturismo e grande decorazione nella pittura di età barocca*", tenutosi a Rimini nel Novembre 2002, si è costituito un comitato di studiosi dell'argomento, che hanno quale sede principale a Firenze la Facoltà di Architettura dell'Università degli Studi, con una rete di rapporti internazionali che trovano espressione all'interno del sito *Quadraturismo.it* destinato a promuovere e coordinare attività di ricerca e attività di formazione nel settore¹. Il gruppo di ricerca ha costruito un programma di convegni internazionali finalizzati allo studio, alla valorizzazione e alla conservazione del nutrito patrimonio storico ed artistico del genere quadraturista diffuso in chiese, palazzi e ville nel territorio italiano, organizzati oltre che a Rimini nel 2002, a Lucca nel 2005, con il titolo "*L'architettura dell'inganno. Quadraturismo e grande decorazione nella pittura di età barocca. Realtà e illusione nell'architettura dipinta*", ad a Firenze e Montepulciano nel 2011, con il titolo "*Prospettiva, colore e luce nell'illusionismo architettonico. Quadraturismo e grande decorazione nella pittura di età barocca*".

La prospettiva "inganno degli occhi"

La prospettiva è stata vista dai quadraturisti, pittori con evidenti conoscenze di architettura e scenografia che hanno operato nella grande decorazione di età barocca, come strumento privilegiato per la rappresentazione o la ri-presentazione della realtà; l'approfondito studio delle tecniche prospettiche offre infatti la possibilità di porre uno spettatore nella condizione di poter ripetere l'esperienza di una determinata realtà spaziale attraverso la percezione visiva: il disegno e la pittura, mediante segni e campiture su di una superficie piana, portano la nostra sensibilità di spettatori a riconoscere cose e spazi non presenti nella realtà, ma soltanto rappresentati. Panofsky sottolinea come, fra tardo rinascimento e barocco, la prospettiva cessò di rappresentare esclusivamente un problema tecnico matematico e cominciò ad essere in misura maggiore un problema artistico: "*la prospettiva è per sua natura un'arma a doppio taglio: essa offre ai corpi lo spazio in cui dispiegarsi plasticamente e muoversi plausibilmente ma anche permette alla luce di diffondersi nello spazio e di scomporne pittoricamente i corpi: essa crea una distanza tra gli uomini e le cose ... ma poi elimina questa distanza assorbendo in un certo modo negli'occhi dell'uomo il mondo di cose che esiste autonomamente di fronte a lui; essa riduce i fenomeni artistici a regole ben definite, anzi a regole matematicamente esatte, ma d'altro canto le fa dipendere dall'uomo, anzi dall'individuo in quanto queste regole si riferiscono alle condizioni psicofisiologiche della percezione*"².

I quadraturisti compresero pienamente quanto fosse determinante il contributo soggettivo dello spettatore, del soggetto percettore, alla creazione dell'inganno degli occhi: "*l'immaginazione, resa possibile dall'accumulo*

¹ Il sito *Quadraturismo.it* (deposito legale presso la Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze e link con l'Università di Firenze) è curato da F. Farneti e S. Bertocci.

² E. Panofsky, *Die perspektive als "symbolische form"*, Berlino, 1927, trad. it. *La prospettiva come forma simbolica*, Milano, 1973, pp. 65, 66.

delle esperienze percettive è una qualità insita nell'uomo che si esplica nel vedere mentalmente figure o composizioni di oggetti non avvertibili contemporaneamente attraverso le sensazioni"³.

Un contributo fondamentale allo sviluppo delle conoscenze prospettive degli artisti, oltre alla cospicua trattatistica sulla prospettiva che si sviluppa tra Cinquecento e Seicento, è costituito proprio dalla diffusione del trattato di Andrea Pozzo che riesce a coniugare felicemente, in un unico quadro teorico, le acquisizioni della scienza della rappresentazione nel campo della prospettiva, e le proiezioni anamorfiche, fornendo in tal modo gli strumenti teorici e pratici per soddisfare le esigenze percettive per la formazione dell'esperienza 'virtuale' dello spazio tridimensionale. L'anamorfose è una deformazione di un'immagine, spesso di una immagine prospettica tradizionale, ottenuta adottando per questo tipo di proiezione un quadro comunque disposto nello spazio, si tratta pertanto di una prospettiva in cui la direzione dell'asse visivo non è perpendicolare al quadro. L'osservatore è portato quindi a scoprire il segreto dell'inganno ottico cercando, muovendosi nello spazio, il giusto punto di osservazione⁴. Nelle anamorfosi prospettive, utilizzate nelle grandi decorazioni di grandi sale o chiese, le ricerche del giusto punto di vista da parte dell'osservatore, modifica completamente la percezione dello spazio con effetti particolari perseguiti, per il loro valore fantastico, soprattutto nel periodo barocco. Il pensiero anamorfico era retto da una solida teoria geometrica e l'argomento destava interesse anche perché offriva la possibilità di creare, sulla base di certezze geometriche, una realtà mutevole ed effimera, modificabile dalla mente umana non solo con l'interpretazione dell'intelletto, ma anche attraverso una concreta lettura tramite la percezione visiva.

I principi delle prospettive accelerate o rallentate, utilizzate come "anamorfosi solide" nella scenografia, trovarono geniale e spettacolare applicazione anche in architettura. Le regole che si rintracciano all'interno del bagaglio culturale degli operatori che sono stati accumulati nel genere pittorico del quadraturismo corrispondono peraltro a quelle applicate spesso anche nel campo dell'architettura vera e propria come dimostrano alcune opere, ad esempio, di Guarino Guarini, come l'interno della Cappella della Sacra Sindone realizzata a Torino nel 1694, che risultano efficaci dimostrazioni delle potenzialità intrinseche dei principi proiettivi nel campo fecondo delle realizzazioni spaziali ed architettoniche: quale migliore dimostrazione del saldo rapporto che in questo periodo si instaura tra pittura e architettura. In epoca barocca queste idee permisero di sostituire alle architetture, fatte di solidi e di spazialità immutabili, delle strutture anamorfiche, spazi illusori creati da decorazioni e pitture prospettive che modificavano la percezione dello spazio. La prospettiva, rappresentando l'architettura, diventa a pieno titolo anch'essa architettura e quindi "fare prospettive" significava creare comunque delle architetture e modellare uno spazio che oggi potremmo definire *virtuale*.

Pittori di quadratura in Toscana

Lo 'stato dell'arte' nella Toscana del Seicento è documentato da esempi molto noti, primo fra tutti la decorazione degli appartamenti estivi della monumentale reggia granducale di palazzo Pitti⁵ dove il genere del quadraturismo venne introdotto dai bolognesi Agostino Mitelli e Angelo Michele Colonna a partire dal 1637⁶. I due pittori, che subentrarono nel cantiere del palazzo alla morte di Giovanni da S. Giovanni, l'artista che aveva decorato il primo salone, dettero vita a complesse rappresentazioni scenico - prospettive popolate da pochissime figure e composte da grandiosi costrutti architettonici volti a dilatare lo spazio per costruire una sorta di scena teatrale, dove realtà e finzione si mescolano con studiati effetti di luce che, ancor oggi, suscitano nell'osservatore, stupore e meraviglia. Le operazioni di rilievo hanno permesso la realizzazione di fotopiani ad alta affidabilità delle superfici decorate degli ambienti monumentali interni del piano terra del palazzo ed in particolare la realizzazione dei fotopiani con le proiezioni ortogonali delle superfici delle volte decorate. Dai fotopiani si sono ottenuti i grafici con la riproduzione dei disegni delle quadrature stesse che costituiscono una "cartografia" metrica di base per gli studi successivi. In particolare, nella sala dell'Udienza Privata⁷, Mitelli e

³ M. Fasolo, *La galleria di Sant'Ignazio alla Casa Professa del Gesù. Problema teorico circa la prospettiva della parete di fondo*, in *L'architettura dell'inganno. Quadraturismo e grande decorazione nella pittura di età barocca*, a cura di F. Farneti, D. Lenzi, Firenze, 2004, pp. 149 - 154.

⁴ Il termine *anamorfosi* appare nel Seicento e designa inizialmente una certa specie di "depravazioni ottiche" fondate sui giochi della riflessione e della prospettiva. In un primo momento l'interesse era diretto verso quelle immagini distorte, mostruose e indecifrabili che, se viste da un certo punto dello spazio o riflesse con accorgimenti vari, si ricompongono e svelano figure a prima vista non percepibili. La conoscenza dei procedimenti per costruirle fu a lungo trasmessa come dottrina magica e segreta, finché a partire dal Cinquecento le pratiche del disegno anamorfico hanno cominciato a diffondersi. Infine nel Seicento l'anamorfosi ha trovato ampio spazio nei trattati di prospettiva e nelle speculazioni ottiche dell'epoca. Cfr. Jean François Nicéron, *La perspective curieuse ou magie artificielle des effets merveilleux de l'optique, de la catoptrique et de la dioptrique*, Parigi, 1638; J. Baltusaitis, *Anamorfosi o magia artificiale degli effetti meravigliosi*, Milano, 1978; E. Battisti, *Anamorfosi, evasione e ritorno*, Roma, 1981; F. Leeman, J. Elffers, M. Schuyt, *Anamorphosen*, Colonia, 1975.; D. Toffanello, *Anamorfosi, l'immagine improvvisa*, CittàStudi, Milano 1996.

⁵ Questi appartamenti erano definiti "quartiere estivo" perché la famiglia granducale vi si trasferiva nei mesi estivi in quanto al piano terra si godeva di un clima più fresco rispetto ai locali del primo piano

⁶ F. Farneti, S. Bertocci, *L'architettura dell'inganno a Firenze. Spazi illusionistici nella decorazione pittorica delle chiese fra Sei e Settecento*, Firenze, 2002; *L'architettura dell'inganno. Cit.*, a cura di F. Farneti e D. Lenzi, Firenze, 2004; *Realtà e illusione nell'architettura dipinta. Quadraturismo e grande decorazione nella pittura di età barocca*, a cura di F. Farneti e D. Lenzi, Firenze, 2006.

⁷ La sala dell'Udienza Privata, completata nel 1640 come reca l'incisione a caratteri romani sulla parete della finestra, era riservata al Granduca per ricevere privatamente personaggi particolari e ambasciatori. Di forma rettangolare, con volta a botte a sezione policentrica, è dilatata illusionisticamente dalle architetture dipinte. Sulle pareti e sulla volta si dipana un finto



Colonna affrontano, nel 1640, il problema della decorazione dell'ambiente in maniera organica, realizzando un sistema di figurazioni coordinato che riveste tutte le pareti ed il soffitto. Probabilmente si deve alla relativa semplicità della superficie voltata del soffitto, una volta a botte a sesto mistilineo, la buona riuscita della macchina architettonica virtuale. Vengono infatti messe a punto quelle tecniche anamorfiche che consentono la riproduzione degli effetti di una prospettiva lineare piana sulla superficie concava policentrica della volta: ad esempio i fusti delle colonne che dal basso appaiono all'osservatore dritti, sono in realtà curvilinei sulla superficie della volta.

Appare sul soffitto di questa sala anche l'uso di più punti focali per un unico costruito prospettico, disposti a formare un quadrilatero centrale cui fanno riferimento rispettivamente i singoli costrutti architettonici dei quattro lati della figurazione: i colonnati sui lati lunghi confluiscono rispettivamente nei fuochi disposti nei vertici del quadrilatero opposti al lato interessato, mentre i costrutti dei lati brevi fanno riferimento ai vertici disposti dallo stesso lato della figurazione presa in considerazione. Si tratta quindi di una sorta di fusione di quattro prospettive separate, dove lo sfondato centrale e gli arconi, con i complessi fastigi, sui lati corti della sala servono a mascherare i punti di non congruenza delle prospettive, una sorta di inganno nell'inganno per lo spettatore che viene condotto ad addentrarsi ed a perdersi nelle varie parti della figurazione la quale, tuttavia, mantiene l'aspetto di una forte unitarietà e veridicità nella decorazione architettonica. Gli artisti mettono in pratica, in questo caso adattandoli alla superficie voltata a botte, i consigli del Vignola, che raccomanda l'adozione di questi accorgimenti nella realizzazione di prospettive su soffitti di ambienti di ridotte dimensioni⁸.

Nel Settecento si ebbe un grande sviluppo del quadraturismo anche in Toscana; dalle analisi delle numerose opere realizzate dai vari artisti che operarono in questa area geografica, svolte nel corso della pluriennale ricerca sintetizzata nel presente lavoro, appaiono evidenti, oltre agli echi del trattato di Ferdinando Galli Bibiena, costanti riferimenti alla straordinaria lezione di Andrea Pozzo. Dai primi anni del Settecento, forse anche per l'impressione che la breve permanenza di Pozzo in Toscana lasciò sugli artisti locali, si nota nelle grandi imprese decorative una nuova attenzione verso il rigore prospettico; il fervore religioso di stampo gesuitico che lo spinse a propugnare il rigore dell'unico punto di vista, fuori dal quale la realtà perde ogni logica, appare nelle opere più "aggiornate" che in quel periodo vennero messe in cantiere in Toscana come la sala di palazzo Contucci a Montepulciano, realizzata nel 1702 da Antonio Colli, allievo del Pozzo, e negli altari dipinti e nel cupolino, sull'esempio della finta cupola della chiesa di santa Flora e Lucilla realizzata dal padre gesuita, della chiesa del Gesù a Montepulciano, sempre opere del Colli⁹.

Nella costruzione degli apparati decorativi di questo periodo prevale, sull'aspetto funzionale – decorativo degli apparati pittorici, la consapevolezza da parte degli operatori della realizzazione di veri e propri organismi architettonici virtuali coerenti in tutti i loro aspetti spaziali e formali, come dimostrano le numerose opere che tengono in particolare considerazione l'aspetto della percezione tridimensionale degli spazi illusionistici. L'architettura diviene l'impalcatura organica del contesto delle rappresentazioni che si sviluppano in un determinato ambiente, dalle aule delle chiese alle sale dei palazzi gentilizi, poiché come insegna Pozzo: "se uno sta nel solo punto che gli viene indicato, cioè nel punto dell'ubbidienza più stretta, allora l'istituto di quest'Ordine può apparire come un unico edificio coerente. Ma se uno si scosta anche di un solo passo da questo punto dell'ubbidienza cieca, si vede chiaramente e sempre più chiaramente, quanto uno più si allontana, che tutto è solo inganno e che l'istituto di quest'Ordine non trova un legame coerente con tutti gli altri rapporti in cui Dio ha posto l'uomo"¹⁰. Coerentemente alla acquisizione ed alla diffusione delle novità offerte in questo periodo dalla scienza della rappresentazione, che fra Sei e Settecento compie decisi approfondimenti scientifici di settore, si pone l'accento sulle caratteristiche fisiologiche della formazione della percezione visiva e si studiano accorgimenti che tengano conto degli aspetti della componente "soggettiva" dell'esperienza dello spazio. Non soltanto la geometria proiettiva è al centro dell'indagine e dell'operatività dei quadraturisti, ma l'uomo soggetto percettore dell'esperienza dello spazio virtuale diviene, secondo le parole del Pozzo, il fulcro ed il fine: "Cominciate dunque o mio lettore allegramente il vostro lavoro con risoluzione di tirar sempre tutte le linee delle vostre operazioni al vero punto dell'occhio che è la Gloria di Dio"¹¹. L'architettura dell'inganno deve infatti tenere in considerazione gli effetti che produce sullo spettatore e le modalità percettive del soggetto fruitore

loggiato che si sviluppa su due ordini, costituito da colonne ioniche binate su cui si avvolgono a spirale tralci di quercia. Sulle pareti, nei riquadri, dipinti monocromi lumeggiati d'oro raffigurano le imprese di Alessandro Magno. Per completare l'effetto di veridicità dell'impianto architettonico le logge sono popolate da alcuni personaggi, uno dei quali punta il cannocchiale verso il cielo, alludendo alle scoperte di Galileo Galilei, protetto da Ferdinando II, un altro, alla base della scala, identificato con il guardarobiere ufficiale Giacinto Maria Marmi, si accinge a salire una scala per addentrarsi nel falso loggiato.

⁸ Cfr. J. Barozzi Da Vignola, *Le due regole di prospettiva pratica di M. J. B. da V. con i commentari del R. P. M. Egnatio Danti dell'Ordine dei Predicatori, matematico dello Studio di Bologna*, Roma 1583. Le opere a stampa sulla prospettiva ed i manoscritti avevano circolazione limitata e comparvero abbastanza tardi in Italia, verso la metà del Cinquecento: consolidate "pratiche di bottega" potevano così prevalere sui nuovi metodi messi a punto dai geometri. Inoltre molti scienziati non riuscirono mai a raggiungere, nelle figurazioni esemplificative inserite nelle loro opere, il livello qualitativo e la capacità espressiva degli incisori che illustravano testi più semplici, per uso empirico immediato.

⁹ B. Sani, *La grande decorazione nei palazzi e nelle ville delle famiglie senesi: le sale di palazzo Contucci a Montepulciano. Chiarimenti sui contributi di Andrea Pozzo e dei suoi "giovani"*, in *L'architettura dell'inganno.cit.*, a cura di F. Farneti, D. Lenzi, Firenze, 2004, pp. 73 - 84.

¹⁰ H. Pfeiffer, S. J., *Pozzo e la spiritualità della Compagnia di Gesù*, in *Andrea Pozzo*, a cura di A. Battisti, Luni Editrice, Milano Trento 1996 p. 13.

¹¹ Cfr. S. Corradino, *I Gesuiti e la geometria nel Seicento*, p. 63.

nello specifico contesto della realizzazione. Il parallelo con la scenografia è immediato, tutto ruota intorno alla suggestione dello spettatore disposto nella platea, in posizione prevalentemente statica e rivolto verso il palcoscenico¹². Gli effetti tridimensionali della scenografia si ottengono tramite accurate applicazioni delle tecniche della prospettiva accelerata. Allo stesso modo, nella architettura virtuale dei quadraturisti, si tiene in debito conto il contributo essenziale che il movimento del fruitore, il normale spostamento dell'osservatore attraverso gli ambienti reali, fornisce alla percezione dello spazio ed alla formazione dell'esperienza spaziale soggettiva che ciascuno compie muovendosi all'interno di un'architettura.

Si sperimentano anche in Toscana, in questo periodo, costrutti prospettici che mano a mano si discostano dai vincoli imposti dallo spazio architettonico destinato ad accogliere l'opera pittorica; sempre più l'effetto sorprendente, la meraviglia del visitatore, viene stimolata dalla voluta non coerenza formale fra contenitore, la struttura architettonica reale della sala o dell'aula della chiesa, ed il fantastico spazio virtuale. Se fra la fine del Seicento e gli inizi del Settecento le vedute prospettiche all'interno dell'apparato decorativo hanno la funzione di aggiungere effetti ed interesse all'architettura reale, in un rapporto di relazione biunivoco ed in una logica integrazione tra reale e virtuale, nel Settecento si viene a definire ancor più chiaramente la completa trasformazione dello spazio reale.

Gli aspetti tecnici della cantieristica per la realizzazione degli apparati decorativi illusionistici sono fra i problemi maggiormente discussi dall'attuale ricerca di settore¹³. Oltre al complesso apparato teorico relativo alla geometria, alla prospettiva ed all'anamorfosi, esistevano tutta una serie di 'segreti' che potremo definire 'di bottega' appartenenti alle singole scuole di pittura che venivano trasmessi durante l'apprendistato degli allievi. Queste tecniche costituivano infatti quell'*humus* culturale all'interno del quale si formavano i pittori di prospettiva, un insieme di conoscenze di base di cui non si trova che qualche labile traccia negli scritti della manualistica o trattatistica di settore fra Sei e Settecento. Uno dei problemi più complessi era la trasposizione del bozzetto al vero, in scala reale, sulle superfici interne dell'ambiente destinato ad accogliere l'apparato decorativo illusionistico e la risoluzione di tutti i problemi relativi al disegno in vera grandezza degli scorci prospettici e delle relative proiezioni anamorfiche. I sistemi di ingrandimento e trasporto dei bozzetti per realizzare i disegni al vero erano basati soprattutto sul sistema delle coordinate cartesiane, metodo adatto alla trasposizione in scala su superfici piane. Sono infatti documentati numerosi esempi di bozzetti con impressi reticoli o quadrettature di vario tipo a testimonianza delle procedure di trasporto che fanno riferimento all'uso del sistema delle coordinate cartesiane. Differenti problemi poneva invece la trasposizione dei bozzetti sulle superfici di volte o cupole. Uno degli aspetti salienti della ricerca che da anni svolge il consolidato gruppo di ricerca fiorentino sul Quadraturismo¹⁴, della quale questo approfondimento rappresenta solo alcuni aspetti, riguarda lo studio delle tecniche di progettazione e di realizzazione delle quadrature, condotto attraverso l'uso delle varie metodologie di rilievo e telerilevamento¹⁵ delle superfici decorate di chiese e palazzi in Toscana. In particolare sono stati analizzati esempi di quadrature, realizzate anche su superfici di strutture voltate complesse, a partire dai monumentali quartieri estivi dalla reggia di palazzo Pitti¹⁶, ai soffitti di chiese come sant'Egidio o l'Ospedale di san Giovanni di Dio a Firenze, le volte delle chiese di san Ponziano e la cupola di santa Caterina a Lucca, palazzi e ville come il salone del palazzo del Vescovo di Pisa, il salone di villa Santini a Lucca, la sala di palazzo Chigi Sansedoni a Siena e la sala di palazzo Contucci a Montepulciano, con il fine di studiare e comprendere le tecniche di progettazione delle prospettive e le modalità specifiche di realizzazione di queste particolari applicazioni pratiche della scienza prospettica in relazione alle varie tipologie di superfici degli ambienti decorati. L'illusione di inoltrarsi con lo sguardo in ambienti "non reali", ma allo stesso tempo così suggestivi, si basa sull'applicazione pratica della prospettiva, ed in particolare di quella centrale a quadro verticale o a quadro orizzontale, anche detta "di sotto in su"; il problema principale, per quanto riguarda le volte, era far percepire correttamente l'impianto prospettico della figurazione realizzata su superfici di varia curvatura e non su di un quadro piano. L'effetto desiderato veniva ottenuto impiegando procedure di proiezione anamorfica che, su queste superfici, appaiono complesse e di difficile comprensione senza l'ausilio, da una parte, della trattatistica dell'epoca sull'argomento, e dall'altra, di strumenti per il controllo dimensionale delle figurazioni realizzate. Per condurre questo tipo di analisi risulta infatti di primaria importanza il rilievo delle vere grandezze del disegno e della pittura sulla superficie curva dei vari tipi di volte. A questo aspetto si aggiunge quello, più complicato, della disposizione all'interno dell'edificio o del singolo vano degli apparati decorativi che solitamente, per ottenere

¹² Il tema della prospettiva si sviluppò, come è noto, anche in discipline specifiche, come la scenografia dove trovò innumerevoli applicazioni nella rappresentazione di architetture e brani urbani. Il tema della scena urbana è stato ripreso da molti trattatisti, fra gli altri ricordiamo Sebastiano Serlio (1475-1555) che dedica l'ultima parte del Secondo Libro *Di Prospettiva* del suo trattato proprio alla scenografia, illustrando i tre tradizionali tipi di scena: comica, tragica e satirica.

¹³ L'affermarsi del quadraturismo fu sostenuto dallo sviluppo della prospettiva scientifica e della relativa trattatistica a partire dal XVI secolo. Cfr. S. Bertocci, *l'illusione della cattura dell'infinito*, in *Le vie dei Mercanti. Disegno come tipologia della mente*, contributi al terzo forum internazionale di studi a cura di C. Gambardella e S. Martusciello, Capri, 6-8 giugno 2005, Firenze, 2006, pp. 57 - 78.

¹⁴ Cfr. il sito web Quadraturismo.it e Quadraturismo.com. edito da Firenze University Press, diretto da F. Farneti e S. Bertocci.

¹⁵ Per telerilevamento si intende tutto un insieme di tecniche, strumenti e mezzi interpretativi in grado di estendere e migliorare le capacità percettive dell'occhio umano, fornendo informazioni qualitative e quantitative su oggetti posti a distanza dal luogo d'osservazione e anche in parte difficilmente raggiungibili con longimetri e strumenti per il rilievo diretto. Nel caso della citata ricerca sono stati utilizzati stazioni totali per telerilevamento e scanner laser 3D di ultima generazione.

¹⁶ S. Bertocci, *Il contributo delle tecniche avanzate di rilevamento per l'analisi delle architetture illusionistiche dipinte in epoca barocca: l'esempio degli appartamenti estivi di palazzo Pitti a Firenze*, in *Ars, Technè, Technica. A fundamentação teorica e cultural de perspectiva*, a cura di M. Morales Mello, Belo Horizonte, 2009, pp. 151 - 159.



l'ingannevole effetto della realtà virtuale sopra accennato, sono stati accuratamente progettati in modo coordinato in maniera tale da rendere possibile l'osservazione di soffitto e pareti, oppure di scorci ed *enfilade*, da punti di vista appositamente preordinati. Appare quindi evidente che senza un corretto rilievo metrico degli ambienti, accompagnato da una accurata restituzione delle superfici dipinte, ogni tentativo di studiare regole prospettiche e costrutti architettonici virtuali risulta privo di fondamenti scientifici. Nel corso delle campagne di rilevamento sono state verificate le possibilità offerte dall'utilizzo delle tecniche di rilievo scanner laser per la produzione di nuvole di punti tridimensionali dotate di sufficiente accuratezza per realizzare la texturizzazione, tramite foto digitali, delle intere superfici voltate in vera grandezza. La restituzione di modelli digitali ad alta definizione delle volte sta fornendo infatti nuovi indizi relativamente alla corretta comprensione delle tecniche di realizzazione delle figurazioni anamorfiche su tali superfici.

Questi principi son ben presenti anche a Pozzo che, nel suo trattato, li illustra in maniera chiara e "didatticamente" esaustiva: in particolare nella tavola 14 del primo tomo del trattato mostra il procedimento, attraverso le proiezioni ortogonali della pianta e della sezione della volta sulla quale si riportano – come un sistema di meridiani e paralleli - i fili del reticolo di riferimento del disegno; nella spiegazione delle procedure, per mettere in pratica il noto sistema dei tre reticoli, il prospettico ripete l'immagine retorica, spesso usata anche in scritti di altri autori, del lume posto nel centro di proiezione che figurativamente, dal punto di vista della didattica, illustra bene il principio della proiezione del reticolo sulla volta, operazione peraltro di difficile messa in pratica per la presenza di ponteggi nei grandi cantieri e per la difficoltà oggettiva del lume di comportarsi come sorgente puntuale sufficientemente potente da proiettare le ombre del reticolo ad distanze superiori a qualche metri. Per quanto attiene ai principi proiettivi necessari per la trasformazione dei tre reticoli di riferimento si riscontra per quanto riguarda l'operazione di trasporto dal primo, quello sul bozzetto, al secondo in scala reale, l'utilizzo dei sistemi proporzionali in coordinate cartesiane, mentre per la proiezione dal secondo al terzo, quello delle vere grandezze sulla superficie curva della volta, si usano sistemi di proiezione centrale, utili per calcolare lo sviluppo delle superfici, simili a quelli messi in atto nelle proiezioni cartografiche e nella gnomonica¹⁷.

La ferma convinzione nell'adozione dell'unico punto di vista appare in opere come il soffitto della chiesa di sant'Egidio a Firenze, realizzato da Giuseppe Tonelli nel 1722, che ripete anche nella sostanza del costruito architettonico l'esempio del soffitto realizzato dal Pozzo in sant'Ignazio, la cui costruzione viene didatticamente illustrata nelle belle immagini del trattato dello stesso autore. Il Tonelli realizzò sulla volta ribassata dell'aula della chiesa un dipinto in prospettiva centrale "di sotto in su" raffigurante un arioso loggiato composto da fornic incominciati da un ordine composto da gruppi di colonne e pilastri sostenuti da mensole aggettanti, mentre decorò la volta a vela della scarsella con una finta cupola impostata su di una cornice mistilinea con, al centro un oculo balaustrato che lascia intuire un porticato superiore a cielo aperto, sempre dipinto in prospettiva da sotto in su. In quest'opera ricorrono anche alcune delle tipologie decorative suggerite da Pozzo nelle tavole del trattato.

Anche sul soffitto dell'atrio dell'ospedale di san Giovanni di Dio, realizzato da Rinaldo Botti nel 1735, si riscontrano i medesimi riferimenti alle tipologie del costruito dell'architettura virtuale del soffitto di sant'Ignazio a Roma e l'adozione dell'unico punto focale propugnato da Pozzo, e la stessa situazione viene ripresa sulla volta della tribuna della chiesa di san Ponziano a Lucca, realizzata nel 1740 da Bartolomeo De' Santi, che per la posizione decentrata sfrutta soltanto una metà del costruito della volta della chiesa romana dei Gesuiti, mentre echi pozziani sono ancora ben presenti nella decorazione del 1745 della sala di palazzo Chigi Sansedoni a Siena realizzata da Pietro Anderlini.

Fertile campo di applicazione furono quindi nella prima metà del Settecento ville, palazzi e residenze signorili – spesso radicalmente trasformate attraverso interventi di riconfigurazione o restauro di edifici precedenti – dove l'architettura stessa non poteva riuscire, da sola, a presentare quegli effetti allisonanti richiesti dal gusto barocco che altrove, in Europa, trova grande applicazione nelle regge e nei palazzi. Gradualmente tuttavia, nella prassi operativa della seconda metà del secolo, si adatteranno anche in Toscana, soluzioni che mano a mano si scosteranno dalla regola dell'unico punto di vista, propugnata dal Pozzo, a favore della riscoperta di costrutti, già in parte usati anche nei secoli precedenti, che portano alla realizzazione di figurazioni coordinate finalizzate alla percezione da più punti di osservazione, che nella pratica si presentano come figurazioni prospettiche con più punti focali, strutturate apparentemente senza il rigore prospettico pozziano, ma per certi versi maggiormente aderenti alle esigenze percettive degli osservatori in movimento¹⁸.

¹⁷ Nel '600 scienziati e artisti avevano compiuto speculazioni fondamentali sulle anamorfosi cilindriche e quelle coniche. Tra gli artefici di queste geniali proiezioni prospettiche vi sono tra gli altri Jean Francois Niceron (*Anamorfosi Cilindrica* di Luigi XIII, 1638) e Mario Bettini ("L'occhio del Cardinale Colonna" anamorfosi per specchio cilindrico, 1642; e "Anamorfosi Conica", 1642). Anche queste procedure si basano sulla deformazione prospettica di reticoli di riferimento per realizzare un disegno distorto sviluppato su un piano orizzontale che trova una sua corretta visione sulla superficie a specchio di un cilindro, o un cono, collocato in posizione obbligata rispetto al disegno.

¹⁸ Valga per tutti l'esempio del soffitto del salone di villa Santini Rossi a Gattaiola di Lucca realizzato da Bartolomeo De Santi nel quarto decennio del Settecento con un complesso sistema prospettico. Cfr. S.Bertocci, *I quadraturisti e l'illusione della cattura dell'infinito: alcuni esempi a Lucca*, in *Realtà e illusione nell'architettura dipinta. cit.*, a cura di F. Farneti e D. Lenzi, Firenze, 2006., pp. 419 - 426

Conclusioni

Il lavoro di restituzione dei modelli digitali ad alta definizione delle numerose opere presenti a Firenze e nel territorio toscano, ed in particolare il rilievo delle sale voltate del piano terreno di Palazzo Pitti, ancora in corso di completamento, al rilievo delle volte della chiesa di Santa Verdiana a Firenze, delle volte della chiesa del Monastero di Vallombrosa (FI), e della volta della sala della ex Manifattura Ginori a Doccia (Sesto Fiorentino), ha fornito nuovi indizi relativamente alla corretta comprensione delle tecniche di realizzazione delle figurazioni anamorfiche su tali superfici. Si riscontra, in quasi tutti i casi analizzati, l'utilizzo di sistemi di controllo geometrico della deformazione dei disegni che si basano sulla deformazione dei reticoli delle quadrettature che venivano realizzate sui bozzetti. Sono gli stessi procedimenti, utilizzati in maniera inversa, sperimentati con le proiezioni cartografiche, attraverso i sistemi di proiezione del reticolo geografico costituito dai meridiani e dai paralleli utilizzato per riprodurre sulla carta la superficie sferica terrestre, oppure la volta celeste, che raggiunsero una ottima definizione nel corso del XVI secolo¹⁹. Si tratta infatti di costruire un sistema proiettivo che stabilisca una relazione biunivoca fra punti appartenenti alle due superfici, quella piana del bozzetto e quella curva della volta. Per realizzare tale procedimento è necessario conoscere le caratteristiche geometriche delle superfici di riferimento, per cui non si può prescindere dal rilievo della forma della volta e, utilizzando proiezioni coniche, il centro di proiezione, per cui è necessaria la conoscenza delle caratteristiche spaziali dell'intero ambiente che deve accogliere l'opera. Come nelle rappresentazioni cartografiche nella trasposizione della rappresentazione da una superficie sull'altra si hanno deformazioni delle vere grandezze delle distanze, degli angoli e delle aree, e come nella cartografia esiste la necessità di definire, nella procedura di riporto della figura al vero, il rapporto di scala fra il bozzetto e la figurazione finale. Da queste considerazioni nasce anche la suggestiva ipotesi che il termine "quadratura", ritenuto fino ad oggi di incerta origine, si debba proprio a questo bagaglio di conoscenze geometriche degli artisti che, tramite procedure appropriate, utilizzando opportune deformazioni dei reticoli e delle quadrettature, riuscivano a far quadrare il disegno della figurazione, a dare la percezione ottimale all'osservatore, a far tornare quindi i conti della prospettiva. Questa ipotesi appare confermata in ultima analisi anche dalla tradizione del metodo di trasporto della decorazione sulle superfici di volte a vela e di cupole.

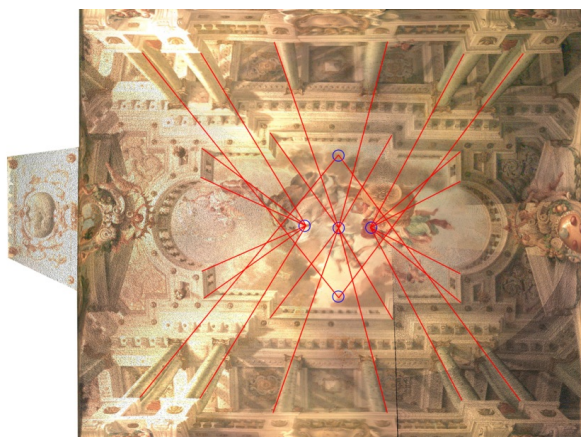


Fig 1. Firenze, Palazzo Pitti, Museo degli Argenti, sala dell'Udienza Privata. Tramite questo tipo di restituzioni è possibile studiare l'effetto visivo dell'impianto geometrico dell'architettura dipinta sulla volta. In questo caso particolare si evidenzia l'applicazione di un sistema prospettico con più punti focali.

¹⁹ Gli studiosi con prevalenti interessi matematici collegavano spesso il tema della prospettiva a quello più generale della rappresentazione sul piano dello spazio tridimensionale, fornendo applicazioni pratiche di indubbio vantaggio in altri settori quali ad esempio il rilevamento a distanza di fortificazioni nel caso di operazioni belliche, la topografia, la gnomonica e le proiezioni cartografiche generali come le rappresentazioni della sfera celeste o della terra. Anche il Danti, commentatore del Vignola, come è noto, produsse lavori cartografici di fondamentale importanza.





Fig 2. Ricostruzione tridimensionale di una porzione della sala dell'Udienza Privata facente parte dell'attuale Museo degli Argenti di palazzo Pitti a Firenze.



Fig 3. La parete di fondo del salone di palazzo Contucci a Montepulciano con l'evidenziazione degli elementi principali del costruito prospettico. Prospettiva monofocale: individuazione del punto di fuga.

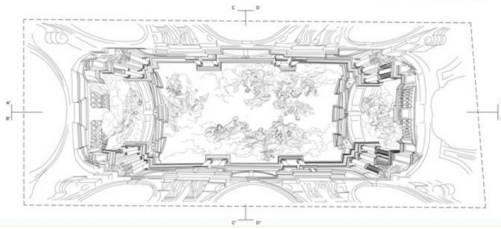


Fig 4. Il salone della ex manifattura Ginori di Doccia a Sesto Fiorentino.

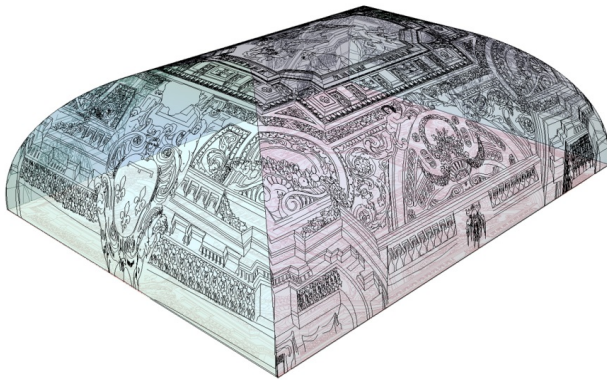


Fig 5. Rappresentazione tridimensionale dell'apparato pittorico della volta della Camera della Giustizia di Palazzo Pitti, Firenze.



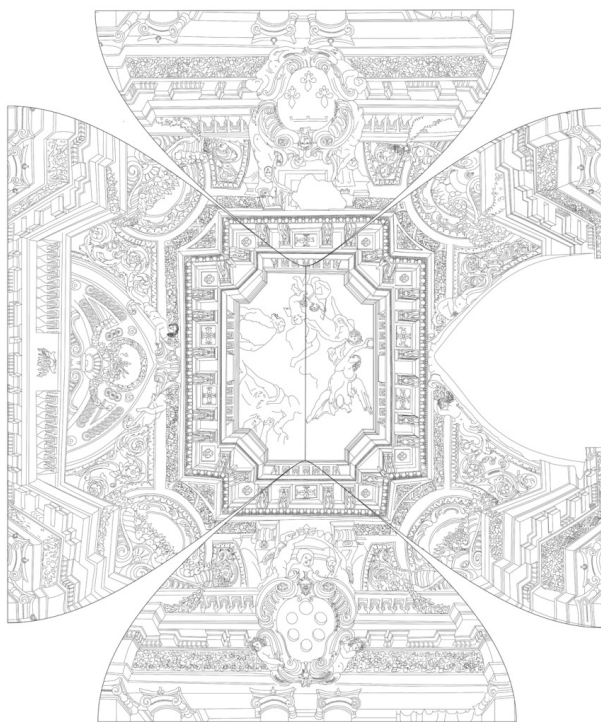


Fig. 6. Sviluppo della decorazione pittorica rappresentata sulla volta della Camera della Giustizia di Palazzo Pitti, Firenze. Sviluppando sul piano la superficie curva della volta si ottiene la raffigurazione di quello che è stato direttamente disegnato dal frescante. Questo procedimento permette, oltre allo studio delle tecniche del disegno, anche la corretta mappatura delle superfici in vera grandezza, per la diagnostica e l'eventuale restauro.

EL ALCÁZAR DE MADRID TRAZAS DE FORTALEZA EN EL PALACIO. ESTUDIO GRÁFICO COMPARADO

Enrique CASTAÑO PEREA

Universidad de Alcalá
Departamento de Arquitectura

INTRODUCCIÓN

Desde el medievo las primeras residencias reales españolas fueron originalmente fortalezas. Estos castillos se fueron transformando en palacios más acordes con lo exigido por la vida cortesana. Un ejemplo representativo de estas transformaciones sería el Alcázar de Madrid. La sede de la Corte de los Austrias en Madrid surgió de una pequeña atalaya árabe que tras la conquista de Madrid por los reyes Trastámara se convirtió en castillo cristiano para acabar siendo el gran palacio barroco.

La transformación del alcázar árabe en palacio fue produciéndose con actuaciones de ampliación y de sustitución de determinados elementos, perdiendo progresivamente en este proceso el carácter defensivo original, para ir asumiendo elementos majestuosos y de representación acordes con la etiqueta del momento. Los vestigios del antiguo palacio son prácticamente nulos, debido a la desaparición del edificio en el incendio de 1734 y la posterior realización del nuevo palacio real construido encima de los restos. Por ello, para analizar comparativamente dichas transformaciones se necesitará utilizar las fuentes documentales y particularmente los documentos gráficos, planos e imágenes, que nos permitirán realizar una reconstitución del Alcázar. (Ortega & Alonso (2004). La siguiente comunicación recoge parte de la investigación que se está haciendo de reconstitución del Alcázar de Madrid, a partir de todas las fuentes documentales y gráficas existentes, y basándose en la expresión gráfica al servicio de la investigación.

OBJETIVOS

Esta investigación pretende ampliar el conocimiento del Alcázar de Madrid desde sus antecedentes medievales y sus sucesivas transformaciones a lo largo de la época moderna. A partir de este modelo paradigmático, que supone el palacio de los Austrias, conocer más datos sobre la realidad constructiva en el renacimiento y barroco, y cómo las herencias edilicias de épocas anteriores se fueron consolidando en sucesivos estratos, de los cuales unos se consolidaron y otros fueron sustituidos por sucesivas actuaciones, que a su vez se fueron consolidando y/o sustituyendo.

Este trabajo de investigación se apoya en dos patas fundamentales; por un lado el estudio de documentación bibliográfica y de archivo, y por otro el estudio gráfico y de representaciones que son fundamentales para poder mostrar el ejercicio comparativo de las transformaciones que el Alcázar fue soportando.

El uso de las herramientas gráficas nos permiten acercarnos a un mayor conocimiento de la realidad construida que de otra manera sería imposible el llegar, ya que como se comprobará en este trabajo la superposición de planos es el trabajo que nos acerca al conocimiento más aproximado de las auténticas transformaciones.

Otro de los puntos de interés de esta comunicación, está en la relación del palacio con su origen castrense y como ante la nueva sociedad imperante el mismo se transforma en un palacio más acorde con las necesidades de la corte

CONTEXTO HISTÓRICO

La primera aproximación deberá ser por contextualizar tanto física como históricamente el objeto de estudio.

EL ALCÁZAR MUSULMÁN

El primer asentamiento árabe en Magerit se sitúa entre los años 850 y 886, durante el reinado del emir cordobés Muhammad ben Abd al Raaman. Se trataba de una primera atalaya militar alzada en un conjunto rocoso sobre el río, en una zona próxima a la sierra de Guadarrama y que tenían diferentes misiones para controlar el paso a las tropas castellanas en su camino desde Toledo al norte. El Alcázar sería fruto de la evolución de diferentes construcciones militares, a partir de una atalaya de observación se convertiría en un pequeño fortín rodeado de una ciudadela militar o almuDAYNA y en el interior una medina acogería a la población civil.

Existen pocas alusiones a la ciudad por parte de los cronistas árabes de la época, lo que hace pensar en que no sería una gran urbe, seguramente ensombrecida por la cercana Toledo. Sólo existe una crónica de Al-Himyari quien considera al castillo de Magerit como una de las mejores construcciones defensivas de Al-Andalus.

En cuanto a la edificación, las piezas defensivas de la ciudad las constituían el edificio del Alcázar junto con la muralla musulmana y, las cuatro torres de vigilancia, todas ellas situadas sobre el río Manzanares. La construcción estaba presidida por la alcazaba que seguía la tipología de este tipo de construcciones árabes, la planta era cuadrada con un patio central en el interior coronado al sur por la torre del Homenaje. A partir de los



muros de la misma se situaba la muralla, que rodeaba a la almuayna y a la medina para cerrarse de nuevo contra los muros del Alcázar.

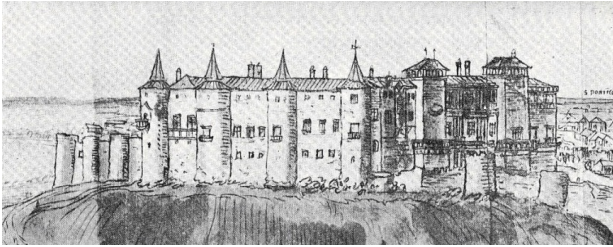


Fig 1. Wyngaerden dibujo del Alcázar de Madrid siglo XVI

EL CASTILLO TRASTÁMARA.

La conquista de la ciudad por los reyes cristianos se produjo de una manera pacífica en 1085, cuando el monarca castellano Alfonso VI pactó secretamente la rendición de Toledo y su comarca con el monarca Alcadir. Aunque posteriormente se sucedieron diversas escaramuzas bélicas, el Alcázar y la muralla permanecieron en el bando castellano, lo que permitió que la villa no sufriera los efectos bélicos en sus edificaciones, de esta manera la mayoría de los vecinos se quedaron viviendo en la ciudad, adecuando sus usos y costumbres a los nuevos moradores.

Las primeras transformaciones del Alcázar se realizaron cuando los reyes cristianos se trasladaron a vivir en él. Siendo los que lo usaron con cierta regularidad en el siglo XI, Pedro I y Enrique III. Estos monarcas iniciaron algunas obras de reforma para hacerlo más confortable y adecuado al estilo de vida de la corte castellana, por lo que fue perdiendo su carácter de fortaleza para ir introduciendo poco a poco elementos palaciegos, tal como dicen las crónicas y recoge Saintenoy(1934) *"el Alcázar en forma de palacio, levantando algunas torres que le hermoseasen"* Esta cita es posterior a 1383 cuando Don León V rey de Armenia vino a España rendir pleitesía al rey de Castilla, Juan I, y este le hizo señor de Madrid (1383-1391), siendo gobernador de la ciudad durante dos años, y al que se le atribuye la construcción de las mencionadas torres.

Los reyes de Trastámara fueron incorporando el Alcázar entre sus sedes favoritas debido a su proximidad con la sierra de Guadarrama y al Monte del Pardo de gran valor cinegético, por lo que se empezaron a celebrar actos representativos de la corona en Madrid. En 1388, cuando Enrique III se casó con su prima Catalina de Lancaster eligió el Alcázar de Madrid para los fastos posteriores a los esponsales que se habían celebrado en la catedral de Palencia. Años después la boda de Enrique IV con Juana de Portugal también se celebró en el Alcázar, y en 1462 nació en el mismo edificio su única hija, Juana la Beltraneja. Estos actos implicaron la progresiva transformación del edificio para adecuarlo al boato necesario, complementado con otras obras de restauración provocada por algún importante incendio

66



Fig 2. Recreación del Alcázar en el medievo (1434) realizado por el autor a partir de Gerard (1984) y Barbeito (1992)

Las primeras reformas del interior, de las cuales tenemos referencias escritas, las realizó Juan II en 1434. El monarca castellano conservó la organización de la edificación de planta cuadrada con el patio en el centro. Dicha disposición con torres cuadradas en las esquinas y torres semicirculares en los lienzos seguía la tradición castellana de siglos anteriores. Como se puede comprobar en la recreación realizada en la figura 2 partir de fuentes documentales y gráficas.

Las reformas realizadas en este momento sirvieron para liberar espacio en todo el ala este para situar una capilla de palacio en la mitad sur de dicho ala en la planta primera. No consta donde estaba situada la capilla hasta ese momento, todo hace pensar que la mezquita fue sustituida por un pequeña capilla que estaría en alguna dependencia del palacio sin demasiada representación y Juan II quiso dotar al interior de la fortaleza de una capilla más representativa. Dicha capilla, que fue consagrada el 28 de febrero de 1434, era de proporciones considerables en relación al conjunto de la edificación (19,5 x 7,8 m) y se componía de una nave única dividida en dos tramos por un arco toral y cerrada con una cúpula de racimos de mocárabes apoyadas en trompas. Además de adecentar la capilla, Juan II reparó la Sala Rica restaurando la decoración mudéjar original, realizada a base de yeserías, y los techos que estaba realizadas con una estructura de par y nudillo. La Sala Rica estaba pavimentada con ladrillos cubierta también con la estructura de par y nudillo pintada con colores, blanco, oro y carmín. Mesonero Romanos (1861) narra como Juan II recibió en 1434 a los embajadores del Rey de Francia en la impresionante Sala Rica bajo un dosel de brocado carmesí acompañado de un león manso a sus pies. Años después en 1466, Enrique IV tuvo que acometer importantes obras de restauración en todo el Alcázar después de un terremoto que afectó a la estructura de la edificación. (Bottineau 1956,425).

Durante la guerra de sucesión entre la Reina Isabel y su sobrina doña Juana la Beltraneja, el Alcázar tuvo un papel predominante, ya que fue tomado por el Marqués de Villena, aliado de doña Juana que lo mantuvo hasta que en 1477 los Reyes Católicos lo recuperaron. Isabel y Fernando se establecieron en el mismo durante largas temporadas, tal y como narró el cronista Gonzalo Fernández de Oviedo:

Acuerdome verla {Doña Isabel} en aquel Alcázar de Madrid con el católico rey don Fernando V de tal nombre, su marido, sentados públicamente el tribunal todos los viernes, dando audiencia a chicos e grandes, quantos querían pedir justicia..." (Ruiz Tarazona 1994,353)

CARLOS V, LA PRIMERA AMPLIACION

En 1536, Carlos V, después de pasar largas temporadas en el Alcázar y de haber tenido a Francisco I rey de Francia encarcelado en el mismo, decidió ordenar una importante transformación del edificio. En ese momento, en 1537, nombró a Luis de Vega y a Alonso de Covarrubias como maestros mayores, y les hizo responsables de la dirección de los Sitios Reales, encomendándoles las transformaciones de los Alcázares de Toledo, Sevilla y Madrid.

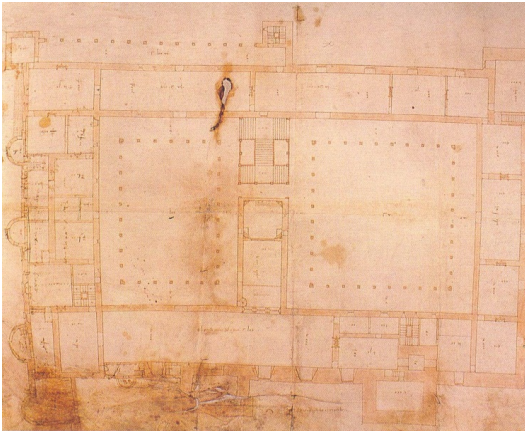


Fig 3. Alonso de Covarrubias, Planta principal del Alcázar.1536. Madrid, Ministerio de Asuntos Exteriores

En Madrid las obras empezaron con la regularización del patio central, construyendo nuevos corredores sobre los existentes, sin modificar la estructura, pero añadiendo un nuevo estilo renacentista a sus elementos. (Cervera, 1979)(Barbeito, 1992)

Posteriormente La panda del patio situada al este, donde se encontraba la escalera y la capilla, se convirtió en el eje del nuevo palacio, ampliándose toda la edificación hacia el levante con la construcción de un nuevo patio (que se denominaría de la Reina) de proporciones similares al anterior. En este momento el volumen constructivo del Alcázar se transformaría en el doble de lo ya existente.



Las intervenciones bajo la dirección de Luis de Vega, que incidieron en la transformación estructural del palacio, serían la realización de la escalera tras la capilla en 1540, y posteriormente la construcción del ala oeste del patio de la Reina. Para ello se debió proceder a derribar un lienzo completo de Muralla para completar la construcción del patio. Esta primera galería debió acabarse en junio de 1541.

Posteriormente se restructuró el ala sur del patio de la Reina donde se encontraba el zaguán y la sala de la Emperatriz.

Y en 1547-1554 se completó la demolición de la muralla musulmana que impedía la construcción del patio de la Reina, este conjunto debía entregarse el 15 de agosto de 1551, firmándose el contrato para las tres galerías que faltaban el 27 de mayo de 1552, con el compromiso de entregarlas en dos años.

Y en 1560 se acabó de adecentar el patio de la Reina, blanqueando las paredes, situando un alizer y embaldosando las galerías y del paso bajo hacia la escalera principal. Dándose por acabada la construcción del patio de la Reina

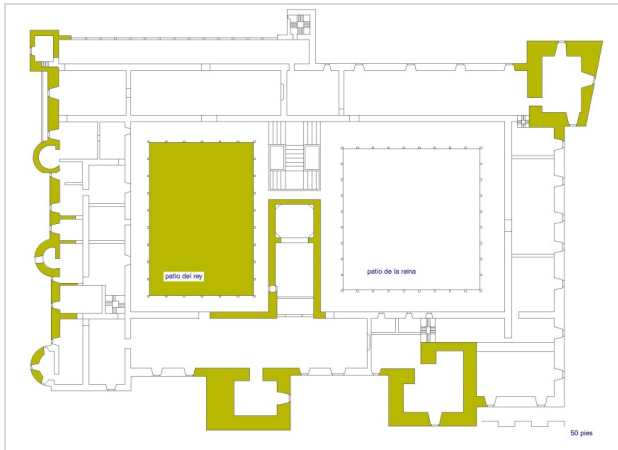


Fig 4. Dibujo del Alcázar de Madrid en a partir del plano de Alonso de Covarrubias de 1536

68

En 1556, una vez que la obra del patio estaba suficientemente avanzada, se empezó con la construcción de los nuevos aposentos, el cuarto de San Gil, y en 1558 el cuarto del Cierzo, y se comenzó una nueva torre de la Reina, en la misma ubicación de la anterior.

EL ALCÁZAR DE FELIPE II

La aportación de Felipe II al Alcázar fue la creación de un nuevo aposento real sobre el río y la construcción de la Torre Dorada situada al sudoeste. Esta torre se realizó al estilo de Flandes mucho más ligera que el estilo más pesado que tenía el Alcázar, desvelando las primeras preocupaciones estéticas y de confort que apuntan en la transformación del castillo del medievo al renacimiento

A partir de que Madrid asumió la capitalidad en 1561, el Alcázar tomó una nueva dimensión como sede de la Corte y del aparato burocrático, produciéndose la transformación del castillo. En sus dependencias se necesitaba albergar numerosos servicios del gobierno de la Villa y de la Corte, por lo que la planta baja del patio del rey era un bullir constante de cortesanos y comerciantes, esto hizo que las obras que se acometieron en esta época se encaminaron principalmente a la adecuación de los apartamentos para todos los estamentos precisos, dejando a un lado todas las obras encaminadas al embellecimiento del palacio. No obstante es en esta época cuando se produce una ampliación del apartamento de la reina, que llegará hasta la torre del bastimento que pasará a llamarse la torre de la reina. En 1563-66 Juan Bautista de Toledo amplía el Cuarto de damas y se hace una reforma de diversos apartamentos regios, así como de las escaleras de comunicación entre los diferentes pisos y apartamentos.

En 1570 se realizan obras de conservación y de mantenimiento de albañilería, armaduras y soldados en el zaguán, y en las galerías, renovándose los embaldosados y azulejos, limpiándose los techos y muros de las salas mudéjares y de la capilla, pero siempre conservando el carácter utilitario que había impuesto Carlos V a sus residencias. Como muestra de ello queda documentado que en 1560, pleno Renacimiento, la decoración no se había renovado de su carácter castrense, encontrándose en todo el Alcázar exclusivamente sólo dos pilares de mármol blanco.

La única construcción nueva de este momento es una torre de cinco metros de alto en el extremo norte del ala de la escalera, donde se alojará el reloj. Posteriormente, en 1585, se realizó una terraza sobrealzada en la fachada oeste sobre el río, para lo cual se tuvo que realizar un zócalo estructural que años después se aprovecharía para acoger unos aposentos que utilizaría Felipe II cuando la enfermedad de la goña no le

permitía moverse; estableciendo allí sus aposentos reales junto con un oratorio privado y una sala para reunir al Consejo Real.

EL ALCÁZAR EN EL SIGLO XVII

En 1605 la Villa de Madrid quiso agradecer al rey que devolviera la capitalidad a la ciudad comprometiéndose a realizar un nuevo cuarto para la reina y una nueva fachada principal para el Palacio, más regular y simétrica más acorde con los gustos de la época y para unificar todas las edificaciones existentes (Gerard, 1978) (Martín,1962). Es en este momento cuando el estilo nuevo se va imponiendo y las nuevas modificaciones que se hacen remarcán el carácter más decorativo y al gusto de la época del principio del barroco. Los muros se adelgazan y las ventanas se abren, buscando mayor ligereza e iluminación y abandonando el carácter defensivo de la edificación.

La reforma de la fachada y del Cuarto de la Reina, fueron encomendadas a Francisco de Mora, por su cargo como Maestro Mayor, y fueron continuadas por su sobrino Juan Gómez de Mora a la muerte de su tío (19 de agosto 1610). Las obras empezaron en 1608 y se fueron prolongando en los años sucesivos. En 1609 se hicieron las bóvedas del Cuarto de la Reina, en 1612 los balcones, y por último entre el año 1613 y 1614, se realizó una galería en el Cuarto de la Reina.

En 1622 debía estar bastante avanzada la reforma de la fachada, cuando se decidió proyectar un arco grande en la fachada para facilitar el paso de carruajes.

En 1623 con motivo de la llegada del príncipe de Gales a Madrid se puede comprobar el estado de las obras de la fachada, gracias al grabado que representa la llegada del heredero británico a la plaza del Alcázar y que tiene de fondo la fachada a medio construir. Un acompañante del príncipe sir Richard Wynn describió el palacio como: *el palacio está construido enteramente de piedra, con una hermosísima fachada. El edificio es sobrio y masivo en* (Shaw,1966, 141)

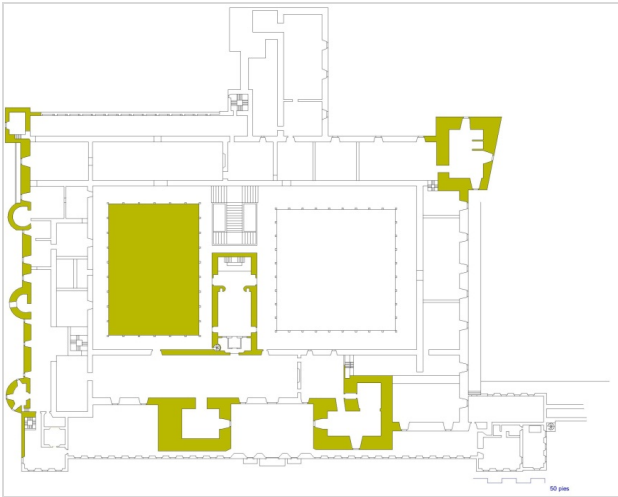


Fig 5 Dibujo del Alcázar de Madrid en a partir del plano de Juan Gómez de Mora de 1626

En él se puede comprobar que la fachada estaba finalizada en su cuerpo bajo y se estaba trabajando en la modificación de la torre del Sumiller, antigua torre del Rey y faltando por acometer las obras en el cuerpo alto de la torre del Bastimento (torre de la Reina). Dichas torres que originalmente habían flanqueado la entrada principal del castillo, habían perdido presencia y sentido con la nueva fachada, pero en el proyecto de Juan Gómez de Mora quiso mantenerlas dándole una nueva imagen más urbana, rematándolas con un cuerpo alto con cubierta de chapiteles.

Como se puede comprobar en el plano de Juan Gómez de Mora (fig. 6) la fachada se fue transformado ocultando la antigua estructura medieval de importantes torres, para dotar al Alcázar de una imagen mucho más urbana, una vez que las funciones defensivas perdían peso frente a las funciones de representación características del siglo de oro español.

Posteriormente en 1630, durante el reinado de Felipe IV se modificó el proyecto original de la fachada, demoliendo definitivamente lo construido de ambas torres, consolidando la imagen horizontal de la fachada y perdiendo a partir de entonces definitivamente las trazas originales de las torres medievales.

Para conocer la evolución de las obras del Alcázar durante el principio del reinado de Felipe IV, debemos dirigirnos al manuscrito "*Relación de las casas que tiene el Rey de España, y de algunas de ellas se an echo traças, que se an de ver con esta relacion*" escrito "en Madrid a 17 de junio de 1626 por Juan Gómez de Mora" perteneciente a la Biblioteca Vaticana (sign. Barb. Lat.4372) conocido como Códice Barberini y que fue publicado por el profesor Iñiguez Lainez(1952).



En este escrito Juan Gómez de Mora hace una breve memoria de cada una de las casas reales, acompañadas de planos de las mismas. Y respecto al alcázar de Madrid indica como la actividad constructiva en el Alcázar se había paralizado debido a la construcción del Palacio del Buen Retiro, pero a partir del año 1639, Felipe IV volvió a dedicarse a la conservación del Alcázar, y ordenó una operación general de remozamiento de sus interiores que afectó a la casi totalidad de los aposentos.

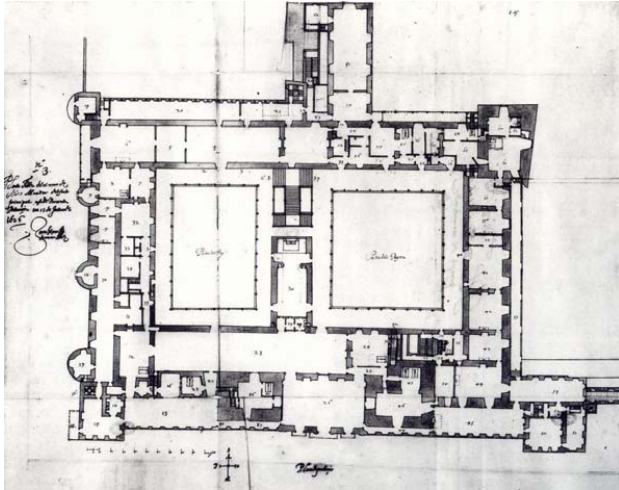


Fig. 6. Juan Gómez de Mora. Planta Principal del Alcázar. 1626. Vaticano, Biblioteca Apostólica Vaticana

A partir de la demolición de la Torre del Sumiller, en 1630, se había generado un gran espacio en la planta principal que se aprovechó para construir, en 1645, la pieza Ochavada, (ver plano de Ardemans fig. 7) y una escalera que comunicara los diferentes pisos del Alcázar en la zona de las dependencias reales. El primer tramo de esta escalera queda reflejada en el cuadro de Las Meninas, ubicado en el cuarto del príncipe bajo la pieza Ochavada.

El responsable de la realización y seguimiento de la obra de la pieza ochavada fue Diego de Velázquez en su cargo de aposentador de palacio. Juan Gómez de Mora no vio con buenos ojos la reforma planteada por éste y se produjeron enfrentamientos entre ellos, ya que el anciano maestro de obras, veía con preocupación la demolición de los gruesos muros heredados de la alcazaba musulmana.

Antes de esta obra significativa, en 1629 se había realizado la ampliación de las dependencias de la Reina hacia el Este, para situar un oratorio privado para la reina Isabel de Borbón, así mismo durante estos años se reformaron y repararon los corredores de los patios que en algunos casos se habían desplomado, siendo necesaria una reforma. Se empezó acometiendo los correspondientes al Patio de la Reina para continuar posteriormente con los corredores del patio del Rey.

Se puede considerar que el palacio a pesar de las modificaciones exteriores seguía conservando su estructura de patios interiores, herencia de su origen medieval, donde se realizaba la vida de la Corte.

Con Carlos II se remató la fachada, finalizando los trabajos que habían quedado parados durante más de cuarenta años, reordenándose definitivamente la plaza de palacio con la construcción de nuevas cocheras.

En 1680, bajo la dirección de Joseph del Olmo, se reforma la capilla sustituyendo la antigua cúpula mudéjar por una nueva de mayor altura y presencia decorada con frescos de Luca Giordano. Durante los años 1690 también se acometieron reformas de reordenamiento de las dependencias y de los terrados.

En esta época el Alcázar ya había ido perdiendo toda la identidad como fortaleza.

EL FINAL DEL ALCÁZAR

Felipe V realizó las últimas obras que se hicieron en el Alcázar que consistieron en derribar muros y tabiquería para conseguir espacios de mayor amplitud y esplendor, más a gusto con su educación proveniente de la corte francesa. La aportación más significativa del rey Borbón fue la realización entre 1709-1711 del Grande Salón Nuevo junto a la pieza ochavada. Y la finalización de las obras de reforma de la Capilla que había comenzado Carlos II, y que no pudo continuar tras su muerte.

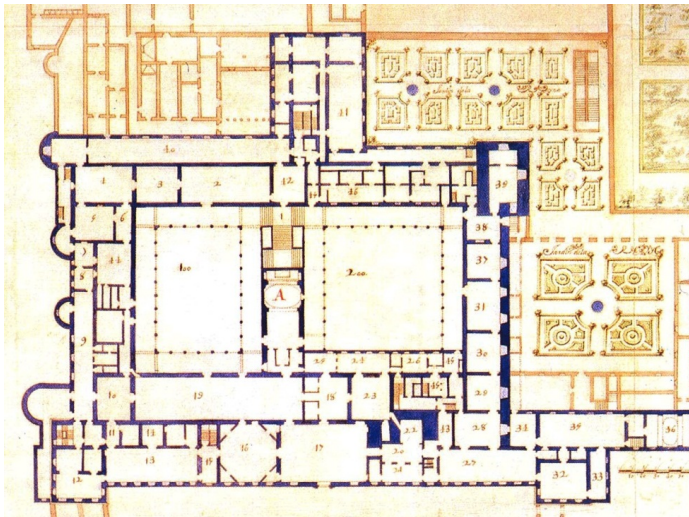


Fig 7. Teodoro Ardemans. Planta Principal del Alcázar.1705. Biblioteca Nacional. París.

Con Felipe V se completó la transformación de la antigua una fortaleza árabe, bastión defensivo en el camino a Toledo, a un castillo trastámara y que progresivamente se fue transformando en un palacio. Este sede de la corte de los Habsburgo españoles fue desprendiéndose de los elementos que recordaran su origen castrense, para convertirse en un palacio urbano al gusto borbónico. No obstante siguió manteniendo algunas trazas que recordaban sus orígenes castrenses, como la fachada hacia el río con sus torres defensivas, y sobre todo por la implantación en el terreno con sus patios que articulaban toda la vida del palacio.

En cualquier caso, la vieja fortaleza no llegó nunca a reconvertirse del todo en el palacio afrancesado de estilo borbónico, y por tanto no llegó nunca a ser del gusto de Felipe V, probablemente porque no consiguió desprenderse de su origen de fortaleza, y por el estilo sobrio que impusieron los primeros habsburgos que se encontraban muy identificados con la construcción castrense.

Por estas razones Felipe V siempre prefirió el palacio del Buen Retiro como residencia, y allí fue donde se trasladó después del incendio que acabó con el Alcázar el 24 de diciembre de 1734.

ESTUDIO GRÁFICO

En esta investigación a partir de toda la documentación recopilada se está haciendo un esfuerzo de redibujar el Alcázar en todo su recorrido histórico. El ejercicio exige el redibujo de cada uno de los planos existentes y la superposición de los mismos, para concretar los elementos constructivos definitivos e invariables, y partir de los mismos hacer la secuencia temporal de las diferentes intervenciones con los elementos consolidados y sus transformaciones.

El ejercicio consta de una importante serie de planos sucesivos (unos veinte) , de los cuales aquí se han seleccionado una muestra , dados los condicionantes de espacio que supone una comunicación de congreso. Estos planos se han producido a partir de los tres planos referentes del Alcázar como son el de Covarrubias de 1536(fig. 3) el de Gómez de Mora de 1626 (fig. 6) y el de Ardemans de 1705 (fig. 7) que son los tres planos completos que se conservan e la planta principal del Alcázar, y que nos permiten hacer un recorrido por los tres siglos claves de la vida del palacio.

A partir del redibujo del Alcázar en las tres etapas mencionadas, el ejercicio consistió en solaparlos y establecer que elementos se podían considerar invariantes en los mismos y establecer una trama común de elementos constructivos invariantes base de nuestra reconstitución. Dichos elementos se han marcado en los diferentes dibujos con un trama de color, como se puede comprobar los elementos que se conservan son el muro de la cornisa del Manzanares, alguna torre, algunos elementos de la capilla y el vacío del patio del Rey.

En este momento se han de tener en cuenta diferentes consideraciones en cuanto al objeto de los dibujo, los materiales y técnicas de dibujo, y de toma de datos, (Castaño, 2012) que implican diferencias importantes en dimensiones, que suponen que el mismo elemento se haya dibujado de muy diferente manera, teniendo el investigador que decidir cual es la base más sólida para la reconstitución.

Para la selección de los invariantes constructivos el origen de fortaleza del Alcázar tenía un papel predominante al tener en su construcción unas torres de gran porte en puntos georreferenciados importantes que ha permitido ajustar los diferentes planos en función de dichos elementos fundamentales.

La investigación sigue con la realización de planos por capas cronológicamente sucesivas en función de las diferentes obras que se fueron realizando según toda la documentación existente.



El proceso es largo y está en fase intermedia y se espera completarla con la edición de todos los planos y de toda la información que dimane de ellos en uno o dos años. Pero se trae aquí una muestra significativa de la metodología empleada.

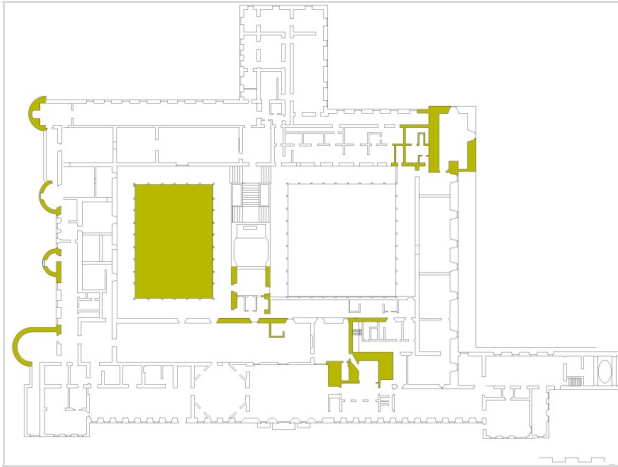


Fig 8. Recreación del Alcázar en la época moderna (1626-1705) realizado por el autor a partir del plano De Teodoro Ardemans de 1705

Para la difusión de la investigación se plantea la agrupación por determinados estratos cronológicos, estableciendo cinco o seis momentos de la vida del palacio significativos, tal y como resolvió Javier Ortega (2004) en su espléndido trabajo sobre la forma de la villa de Madrid. Y presentar dichos planos referidos a cada uno de los monarcas que influyó en el edificio del Alcázar. Otra forma de presentarlo, que se está trabajando, es a partir de la imagen en movimiento en la cual la edificación se vaya transformando progresivamente con sus sucesivas modificaciones, que se espera poder presentar en próximos foros de transferencia de resultados .

Referencias bibliográficas

- Barbeito, J M. 1992, *El Alcázar de Madrid*. Madrid. COAM.
- Bottineau, Y. 1956, Philip V and the Alcazar at Madrid, *Burlington Magazine*, tomo, XCVIII, 1956 pp 68-74
- Castaño, E. 2012, La Real Capilla del Alcazar de Madrid, análisis de la documentación gráfica existente para completar una reconstrucción gráfica. *Revista EGA, Expresión gráfica arquitectónica*, n° 19
- Cervera, L. 1979, Carlos V mejora el Alcázar Madrileño en 1540, *Revista de la biblioteca, Archivo y museo*.
- Gerard, V. 1978, La fachada del Alcázar de Madrid (1608-1630), *Cuadernos de Investigación Histórica* 1978 II, pp 237-257
- Gerard, V. 1984, *De castillo a palacio: el Alcázar de Madrid en el siglo XVI* Bilbao, Xarait
- Iñiguez, F. 1952, *Casas reales y jardines de Felipe II*, CSIC, Madrid
- Martín González, JJ. 1962, El Alcázar de Madrid en el siglo XVI, *Archivo Español de Arte* n° 137. pp. 1-19
- Mesonero, R. 1861, *El Antiguo Madrid*, reedición de 1997
- Ortega, J. 2004, *La forma de la Villa de Madrid*. Madrid. Fundación Cajamadrid
- Ortega, J. & Alonso, MA. 2004, Reconstitución de la Capilla de Palacio de Aranjuez. S. XVI. *Reales Sitios* n° 159. Madrid. pp. 2-13
- Ruiz Tarazona, A. 1994, La música en el Alcázar de Madrid, *El Real Alcázar de Madrid. Dos siglos de arquitectura y coleccionismo en la corte de los Reyes de España*. Catálogo de exposición. Madrid. Pp. 352-365
- Saintenoy, P. 1934, Les Arts et les artistes a la cour de Bruxelles, *Academie royale de Belgique, Classe de Beaux Arts, Memories*.
- Shaw, P. 1966, *El Madrid y los madrileños del siglo XVII según los visitantes de la época*. Madrid. Anales del Instituto madrileño. T1. pp. 141 142.

NADA POR AQUÍ, ALGO POR ALLÁ... DEL DIBUJO DE LA NADA A LA NADA DE LA CONSTRUCCIÓN EN ALEJANDRO DE LA SOTA

Francisco Javier CORTINA MARUENDA

Universidad Politécnica de Valencia.
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica

ABSTRACT

By paraphrasing the title of the prologue that the architect Pep Llinas used in the monograph on D. Alejandro de la Sota published in 1989, this paper aims to demonstrate the close relationship between the Galician master drawings and the construction of his works

We propose to explain, using the guiding thread of his works, how from the nothingness of his drawings, the nothing of its construction is reached. This apparent nothing, in the case of D. Alejandro de la Sota, is evident, avoiding any kind of "sophistication" that could lead into mannerism. By the use of a simple graphical language from the earliest sketches, that guide the rest of his architectural production. The language is held so tenaciously to its conclusion. The transposition of these sketches into drawings of the related works, will be emphasized. The drafts that hold this formal refinement, including the implementation plans that make possible the built work.

This cleaning work in the graphic expression, far from being casual, hides an architectural debugging process that is consciously repeated even by his disciples. A good example of this, is the work of the architect D. Alberto Campo Baeza. Finally, plans that, far away from captivating the reader with its graphic design, they look for to concentrate their attention in what is really fundamental: the space and the construction.

As D. Alejandro said "simple simplicity" (2)

(1) really the book's foreword was titled "Nothing here, nothing there ..."

(2). With this phrase on the back closes the monograph on his work published Pronaos.

INTRODUCCIÓN

"Sabemos que para dibujar de otra manera es necesario pensar de otra manera" (Bravo, 2000, p. 81)

Alejandro de la Sota fue uno de los más distinguidos arquitectos de la década de los 60 a los 80, convirtiéndose posteriormente en uno de los referentes de la arquitectura contemporánea española. Con su buen hacer y humildad señaló el camino a seguir a gran parte de sus alumnos.

Aunque de manera tardía recibió un merecido reconocimiento en los últimos años de su carrera. Exposiciones de su obra en Harvard, conferencias en Cambridge, Londres y Múnich, entre otros, lo atestiguan. Probablemente uno de los momentos clave de este reconocimiento sería la publicación de sus obras completas gracias a la editorial Pronaos en 1989, publicación que pudo contar con la colaboración del maestro gallego.

En la actualidad, tras el período de contracción económica que sigue a la vorágine de la expansión se hace obligado una mirada atrás y una puesta en valor de arquitecturas más sosegadas y lejos de saltos mortales en todos los campos. Es así como la figura de D. Alejandro de la Sota vuelve a cobrar vigencia.

Es en este contexto, en el que en los últimos años se ha publicado una recopilación de todos sus textos, se han publicado reflexiones sobre su modernidad, incluso dos monografías una editada por el Área de Gobierno y Urbanismo de Madrid y otra más reciente de la Fundación Arquia.

Esta comunicación pretende ser un grano de arena más a esta puesta en valor de D. Alejandro de la Sota, siempre con la mesura y prudencia que le acompañaron.



OBJETIVOS

Trazar una línea clara entre dibujo, pensamiento, construcción. Esta es una de las muchas y grandes aportaciones de Alejandro de la Sota.

Como de si de un todo indisoluble se tratara, de la Sota, en gran parte de sus obras claves piensa idea y construye casi al mismo tiempo. Mediante bocetos, con cada vez menos trazos, logra sintetizar sus ideas, ideas que luego se construye con precisión y sencillez.

Si la relación entre la expresión dibujada y el sentimiento y pensamiento del arquitecto es una de las relaciones más íntimas que hay, en el caso que nos ocupa, la querencia de D. Alejandro por el dibujo manual la acentúa mucho más. Como bien dice Alberto Campo Baeza parafraseando a Saramago los arquitectos tenemos cinco pequeños cerebros en las puntas de los dedos, pequeños cerebros que desde luego sólo se ejercitan dibujando añadiría yo.

Analizando la evolución en el pensamiento y obra de D. Alejandro de la Sota se observa de manera paralela la evolución de sus dibujos, no hay ruptura. Desde sus primeras etapas de organicismo, regionalismo podríamos decir, hasta las últimas en las que busca la máxima depuración en su obra, sus dibujos corren paralelos a sus ideas.

Así, esta comunicación pretende un doble objetivo. Por un lado el de reflejar por medio de los dibujos del maestro gallego este procedimiento de depuración que le caracterizó a lo largo de su carrera y que llevó al extremo en su última etapa. Proceso que une dibujo, pensamiento y construcción. Por otro lado, cómo el medio usado para pensar, para expresar, el dibujo, tiene su reflejo claro en su manera de construir. Se consigue así la coherencia que anhelamos tantos arquitectos.

CONTENIDO

Varias son las etapas que de la vida profesional de D. Alejandro de la Sota han hecho sus estudiosos, todas ellas coincidentes en mayor o menor medida. Hasta en esto resultó didáctico D. Alejandro.

Dos paradas en su actividad profesional las marcaron muy claramente. Dos paradas que le sirvieron para reflexionar, tomar aliento y empezar con nuevo vigor y cambios de rumbo en su trayectoria profesional.

74

La primera de las etapas se inicia con el comienzo de su andadura profesional. En estos momentos establece una continuidad con los aprendizajes de la Escuela de Arquitectura de Madrid de la que salió licenciado en 1.941. Sin grandes rupturas buscó así la inspiración en la arquitectura tradicional. Es una etapa de bastante producción en parte gracias al trabajo que consiguió en el Instituto Nacional de Colonización. En éste, proyectó varios poblados de colonización como Esquivel y el poblado de absorción de Fuencarral. También de esta etapa es arquitectura para promotores privados como la casa de la calle del Dr. Arce.

Sus dibujos a mano alzada son expresivos y detallados, valorando el grosor de línea para potenciar las curvas de su arquitectura. Se destacan las texturas de los materiales y se introduce el color en alguno de ellos. Con claras influencias de Mendelsohn y de Alvar Aalto construye una arquitectura anclada en los conceptos locales.

Sus plantas, alzados y secciones buscan esta misma expresividad. Además del uso del poché para los muros se dibuja naturaleza dentro de las casas, muebles detallados, texturas de pavimentos, de ladrillo, etc.

Esta etapa desde el punto de vista constructivo se caracterizará por ser una etapa de arquitectura química. Aquella que se construye por medio de materiales que reaccionan entre sí al mezclarse. Su dibujo será expresivo, no constructivo. La construcción no se puede manifestar, casi es extrínseca a la forma, la curva gana.

Un ejemplo paradigmático de esta etapa será la casa Arvesú, en la calle del Dr. Arce (1955). Construida en ladrillo, esta casa basa gran parte de su interés en un muro curvo que cierra todas las vistas a una calle sin ningún atractivo y con mala orientación. Incluso el acceso por medio de dobles curvas se esconde y se hace más íntimo. Del otro lado todas las estancias se abren al jardín privado. En este punto destacar como de la Sota, incluso en su etapa organicista, ha mantenido siempre una gran claridad y sencillez a la hora de plantear sus proyectos.

Así resumía el propio D. Alejandro de la Sota su actuación; "*Vivir tranquilo, dentro de casa, de espaldas al mundo; vivir buscando el sol, fuente de vida...*", (Ábalos, Llinàs, Puente, 2009, p. 62).

Los bocetos que realizó para esta casa cumplen con todo lo enunciado, curvas, trazo grueso y expresivo y valoración de material. Las plantas y alzados coherentemente reflejan estas mismas ideas. Destacar el cuidado en el dibujo de la urbanización de la parcela.

Mención especial merece la barandilla que como un único grueso y curvo trazo recorre la escalera sin ni siquiera la aparición de montantes intermedias. Será este uno de los pocos elementos donde a pesar de la depuración formal a la que llegó de la Sota mantuvo su querencia por las curvas.

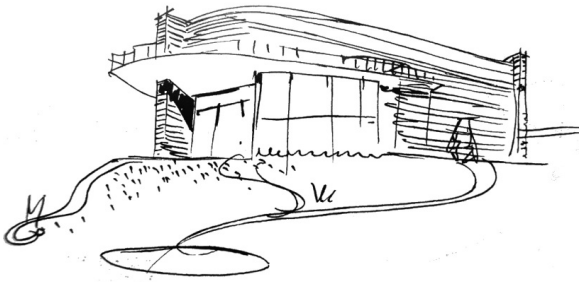
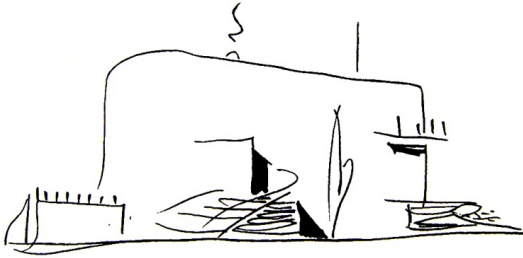


Fig 1. Bocetos de la casa Arvesú. 1953. Fundación Alejandro de la Sota

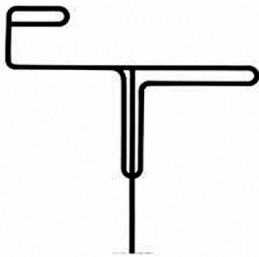
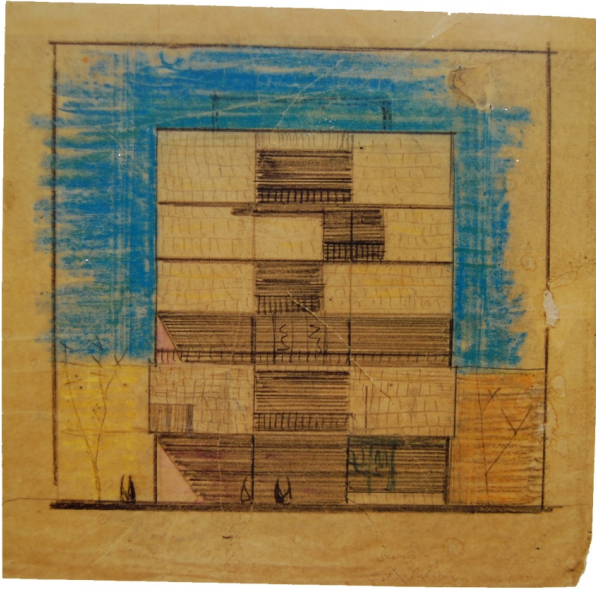
Tras unos años de intensa producción, de la Sota de manera voluntaria decide tomar un descanso para pensar el porqué de su obra. Esta pausa le permite tomar contacto con la arquitectura europea. Viaja en el 1957 a Berlín y se nutre de bibliografía de los grandes maestros europeos emigrados a los Estados Unidos, Neutra, Breuer, Mies... En la publicación de sus escritos recopilada por Moisés Puente dice *"Detuve mi trabajo en unos años inquietos hasta que llegó a mis manos un libro de Walter Gropius y Marcel Breuer, de sus trabajos en EE UU y el modo en que usaban los nuevos materiales; me impresionó profundamente"* (Puente, 2008, p. 117)

Su arquitectura, gracias en parte a estas influencias, da un giro radical y se orienta a los nuevos materiales, a los procedimientos industriales y a la búsqueda de la síntesis mediante la depuración formal y conceptual, para cada vez alcanzar una mayor abstracción.

Consecuentemente su producción gráfica se transforma. Como diría años después Ángela García en el Boceto Dibujo de Arquitectura, el dibujo ... no es un fin en sí mismo, sino un medio, una forma de pensamiento y una forma de lenguaje, por ello el concepto, la idea expresada sobre el papel para comunicar y comunicarse, supera al dibujo virtuoso como fin en sí mismo.



Esta máxima la hace suya de la Sota y se traduce en no sólo una depuración formal, constructiva, sino también gráfica.



76

Fig 2. Alzado Gobierno Civil de Tarragona y detalle de la barandilla. 1957-64. Fundación Alejandro de la Sota

El Gobierno Civil de Tarragona será tal vez una de las obras que marcan este cambio de rumbo. Proyectado en el 1957 y acabado en el 1964, se encuentra en el final de la primera etapa e inicio de la segunda. Su representación gráfica denota la evolución que sufrió su arquitectura en esos años.

A los primeros dibujos en color de la fachada, con el despiece de la piedra esbozado, el azul del cielo, se contraponen famoso dibujo en sección de su barandilla. Dibujo que reducido a la mínima expresión refleja este elemento de manera abstracta, casi como si de un logotipo se tratara.

En este punto los cambios formales se mueven en paralelo a los constructivos. De la Sota empieza así a investigar una arquitectura física aunque aún con ciertas reminiscencias de lo local. En el caso del Gobierno Civil aún mantiene la mirada en lo local, un ejemplo de esto sería el uso de la piedra Borriol del lugar para resolver la fachada. Piedra que por otro lado usa de manera totalmente contemporánea.

Otra de sus obras paradigmáticas se proyecta y construye unos años después, se trata del gimnasio del Colegio Maravillas. Si para el Gobierno Civil de Tarragona de la Sota precisa de un extenso discurso gráfico que nos lleva a la solución de fachada y compositiva, en este caso una sección da la clave en la solución del problema arquitectónico.

Un único dibujo concentra toda la intensidad del proyecto. Un dibujo en sección, que de manera más aséptica que cualquier perspectiva describe el proyecto. El color casi desaparece y solamente ciertos trazos rojos que señalan la estructura, verdadera protagonista de la solución del problema arquitectónico, se hacen patentes.

Se puede leer una interesante reflexión sobre este dibujo en el texto de Jose Manuel López-Pelaes "Pensar el Maravillas: reflexiones sobre un dibujo" (Ábalos, Llinàs, Puente, 2009, p. 225)

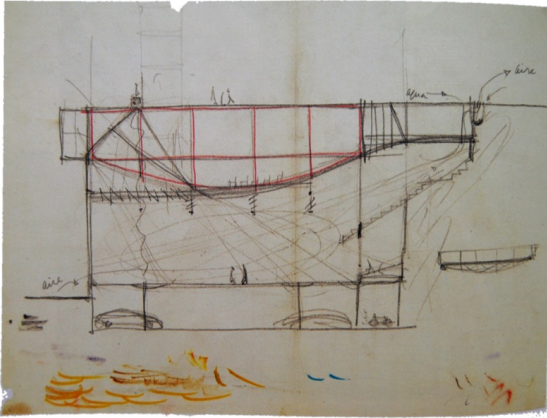
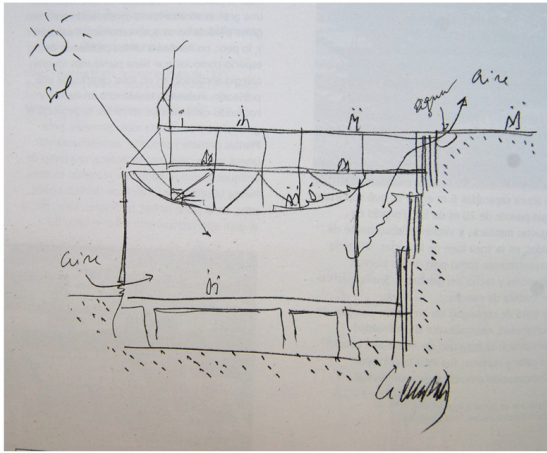


Fig 3. Secciones del gimnasio Maravillas. 1960-62. Fundación Alejandro de la Sota

Una cercha metálica que sirve de cobertura del gimnasio y de apoyo para la prolongación del patio, acoge en su interior aulas en anfiteatro. Magistral síntesis del maestro gallego. Síntesis de ideas, de materiales, de expresión.

Por otro lado el paso a la construcción física, la montada, atornillada y en seco se hace aún más evidente. El empleo de revestimientos de chapa metálica, de estructuras más propias de puentes, etc. En fachada emplea el ladrillo, material tradicional, pero con la ironía que le caracteriza más parece una fina piel cerámica, que para más inri se apoya en una rejilla metálica, que las pesadas fábricas que estamos acostumbrados a ver.

Su última etapa se caracteriza por un paso más en la línea de la abstracción. Con el apoyo de nuevas empresas, intenta buscar la máxima que Mies van der Rohe (G nº 3, 1924) preconizara, un material ligero, aislante del ruido, del calor, de la humedad, industrializado. Estas ideas se pueden ver en el texto "Construcción Industrial" que aparece publicado "Escritos, diálogos, discursos" editado por el Colegio Oficial de Arquitectos Técnicos y Aparejadores de la Región de Murcia (2005)

Con este afán ensaya con vidrios de alto poder de aislamiento como Termophane o con paneles de aluminio como los producidos con la casa Robertson. Con esta última empresa tendrá la oportunidad de trabajar en varias obras como el edificio de juzgados que realizó en Zaragoza.



Su arquitectura se desmaterializa, se desvanece, incluso da la sensación de perder hasta la construcción. La arquitectura se convierte así en casi un telón de fondo donde ocurre la vida, pasa desapercibida otorgándose un amplio espacio a lo que no es arquitectura.

Estas ideas, como no podía ser de otra manera, encuentran su reflejo en el dibujo. Son fruto de esta época sus dibujos más sintéticos. Aquellos en los que la arquitectura se reduce a una línea, a un ligero matiz que denota su existencia o el estar dentro o fuera. Como ya hiciera Mies van de Rohe en algunos collages de sus proyectos.

Las líneas de las plantas, alzados, secciones dejan de tener grosor. Los dibujos en diédrico se simplifican eliminando todo elemento superfluo, muebles, barandillas, etc. La expresión de material de las fachadas, del pavimento, etc. se desvanece. El uso del color se relega.

Con una planta con sólo lo indispensable se concentra todo el esfuerzo en pensar, pensar siempre antes de dibujar.

De esta época son sus fantásticas propuestas de concursos fallidos para edificios cristalinos como la sede de Aviaco o la sede de Bankunion en Madrid. Donde la construcción se plantea como una fina membrana que casi tiene menos peso que el propio paisaje. También viviendas tan conocidas como la casa Guzman o la Caeira.

En todas ellas el esfuerzo de dibujo del arquitecto se centra en esos bocetos iniciales. Ideas abstractas, que conceptualmente establecen el criterio para la solución del problema arquitectónico.

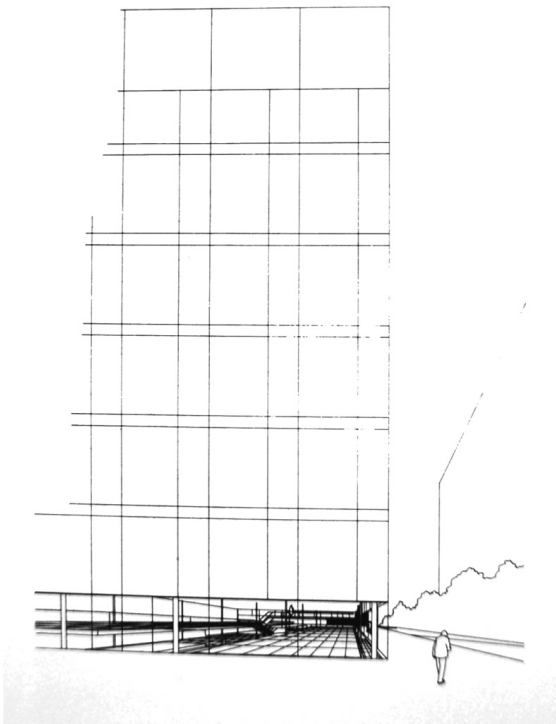


Fig 4. Perspectiva para el concurso para la sede de Aviaco en Madrid. 1975. Fundación Alejandro de la Sota

CONCLUSIONES

En la comunicación se traza una clara línea que une el pensamiento y la construcción de D. Alejandro de la Sota con sus dibujos. El dibujo se transforma así en la más clara expresión de estos valores

Se observa por medio de obras ejemplares cuales son las inflexiones en su carrera profesional y como afectan a su producción arquitectónica y gráfica. Cómo desde un organicismo que reclama líneas curvas y materiales con texturas se llega a las finas pieles de vidrio con las que a duras penas de diferencia el interior del exterior.

Sus dibujos se simplifican y la capacidad didáctica del material gráfico que aparece en los primeros proyectos se pierde en pos de un mayor esfuerzo de conceptual.

Parece conveniente cerrar con las propias palabras que D. Alejandro dedica al dibujo en la entrega de los premios fin de carrera.

"Vosotros los alumnos debéis pensar muchísimo antes de dibujar vuestros proyectos y una vez sabidos y requetesabidos, decir por el dibujo lo que habéis pensado, para que otros, los constructores, con vuestros planos, bien claros, bien explicados, os construyan vuestro pensamiento. ¿Quiénes serán vuestros jueces? De los planos y por su claridad, los constructores. De vuestra obra, realizada, hecha, todos." (de la Sota, A., 1997)

Referencias bibliográficas.

Ábalos, I., Llinàs, J., Puente, M., 2009, *Alejandro de la Sota*, Fundación Caja de Arquitectos, Madrid.

Burgos, Alberto, 2011, *Modernidad Atemporal con Alejandro de la Sota*, General de Ediciones de Arquitectura, Valencia.

Bravo Reims, Restituto, 2000, *Una inducción a la arquitectura, Alejandro de la Sota y la arquitectónica realidad de algunos materiales y sistemas industriales (1956-1984)*, Universidad de Sevilla Instituto de Ciencias de la Construcción Sevilla, Sevilla.

de la Sota, Alejandro, 1989, *Alejandro de la Sota, arquitecto*, Editorial Pronaos, Madrid.

Gallego, Manuel, 2004, *Alejandro de la Sota, viviendas en Alcudia, Mallorca, 1984*, cuaderno de investigación de la exposición

García Codoñer, Ángela; Llopis, Jorge; Villaplana Guillén, Ramón, 1996, *El boceto. Dibujo de arquitectura*, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia

Navarro Baldeweg Juan, noviembre diciembre 1997: "Construir, Habitar: Los dibujos de Alejandro de la Sota para la urbanización de la Alcudia"; *Monografías A & V*, nº 68, Madrid.

Navarro Baldeweg Juan, 2006, *Alejandro de la Sota construir habitar*, Minerva, nº 3 -06, pp. 117-124, Madrid.

Puente, Moisés, Alejandro de la Sota, 2008, *Escritos, conversaciones, conferencias*, Gustavo Gill, Barcelona.

VV AA, 2004, *20 Arquitecturas ausentes del siglo XX*; Ed. Ministerio de la Vivienda. Editorial Rueda, Madrid.



METODOLOGÍA GRÁFICA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL.

EL DOCUMENTO CONSTRUIDO.

Daniel CRESPO GODINO

Universitat Politècnica de València
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica

This communication presents a methodology applied in research practice through the use of the proper exercise of the graphical representation. Through an overview of the whole and a detailed view of each of its parts, we enter a meticulous and exhaustive study of the main source of information, which is the historic building itself. To finally obtain the following results: the analysis of the building and reading the primary document, the building, which is the origin of the investigation.

The development graphic is the fundamental basis of all study leading to the understanding of a building, as through the development of planes that define each element, we arrive at a self-reflexive framework for aspects of construction, as both global as particularly, and empties into the deep knowledge of the element itself drawn, that's reflecting in the degree of precision and rigor employed.

INTRODUCCIÓN

En la presente comunicación se expone una metodología aplicada a la práctica investigadora mediante el empleo del propio ejercicio de la representación gráfica. A través de una visión global del conjunto y de una visión pormenorizada de cada una de sus partes, nos adentramos en un estudio meticuloso y exhaustivo de la principal fuente de información, que es el propio edificio histórico. Para, finalmente, obtener como resultado: el análisis del inmueble y la lectura del documento primario, el edificio, que es el origen de la investigación.

La lectura de cada una de sus partes, relacionada con el conjunto edificado, se puede convertir en una tarea extremadamente compleja debido a las múltiples intervenciones ejecutadas en el objeto construido a lo largo de su vida. Todo esto se puede complicar aun más si le añadimos una falta de documentación en referencia a su evolución, en alguna o en cada una de sus fases cronológicas. Es entonces, cuando nos encontramos ante una construcción que nos expone testimonios desterrados de una memoria inmediata, pero que continúan todavía de forma intrínseca en la memoria legítima de un sujeto que se expresa mediante términos constructivos y arquitectónicos.

Para el correcto conocimiento y análisis del objeto, se precisa un buen sistema de representación y una rigurosa observación, todo ello unido a un conocimiento de los elementos que conforman la realidad constructiva. El levantamiento gráfico es la base fundamental de todo estudio conducente a la comprensión de un edificio, ya que mediante la elaboración de los planos que definen cada elemento, se llega a un marco autoreflexivo sobre los aspectos de la construcción, tanto de forma particular como global, y que desemboca en el conocimiento profundo del propio elemento dibujado, reflejándose en el grado de precisión y rigurosidad empleados.

Toda esta metodología, y proceso de documentación, se han aplicado en la Iglesia de San Juan del Hospital de Valencia, e inciden en la base para la aplicación sobre otros edificios de características similares, y para la documentación de tipologías constructivas que sirvan como base de datos para estudios de características análogos.

La propia experiencia aplicada por medio de los sistemas de representación ha concluido con algunos resultados ajenos a la creencia popular, y, que a su vez, son la consecuencia de un análisis gráfico preciso y riguroso que exprime al máximo el conocimiento de un edificio de alto interés cultural.

La incidencia en el conocimiento profundo de la construcción y en su difusión hacia los técnicos y la sociedad, son la base de la cimentación para ayudar a salvaguardar los elementos constructivos claves para entender el edificio, y en consecuencia, para evitar intervenciones que destruyan la información que el propio edificio proporciona.

OBJETIVOS

El objetivo general es el conocimiento de la evolución constructiva a través de la aplicación de la estratigrafía muraria comparada y complementada con las fuentes documentales. Para ello se establecen una serie de objetivos específicos:

- 1.- Realizar una toma de datos rigurosa en donde se recojan todas las incidencias murarias así como los materiales empleados durante las distintas fases de construcción del edificio conducente al conocimiento completo del conjunto arquitectónico en su estado actual.
- 2.- Aplicar una metodología a seguir en el propio ámbito de actuación de la arqueología urbana basada en la elaboración de fichas estratigráficas conducente a la determinación de las diferentes intervenciones que ha soportado a lo largo de su historia, estableciendo relaciones de anterioridad, posterioridad y contemporaneidad.
- 3.- Estudiar la base documental de aquellos registros que puedan estar relacionados con la historia del edificio: fuentes documentales de archivos históricos, grabados, planos, imágenes y libros.
- 4.- Comparar la morfología y sistemas constructivos empleados en el edificio con otras edificaciones contemporáneas al elemento de estudio.
- 5.- Establecer conclusiones relativas a la evolución constructiva del edificio, en coherencia con los estudios anteriores, desde su inicio hasta el estado actual, destacando las etapas más determinantes.

CONTENIDO

La lectura de un paramento requiere de un buen sistema de representación y de una rigurosa observación, todo ello unido a un conocimiento de los elementos que conforman la realidad constructiva. Es imprescindible que el técnico que se disponga a analizar un alzado sepa: que quiere conseguir con ello, con qué herramientas cuenta para su elaboración, y el tiempo del que dispone para acometer dicho trabajo; para finalmente en base a estos criterios poder escoger un nivel adecuado de lectura.

Para ello se parte de la toma de datos tradicional para su posterior elaboración de planos mediante el empleo del sistema diédrico, y en la cual se hace obligatoriamente necesario un profundo análisis del elemento y de una representación exacta de todas las incidencias sobre las particularidades existentes en el elemento construido. La toma de datos que debe de ser in situ para evitar errores de apreciación o en su defecto la omisión de datos, ya que esto puede ocurrir cuando se toman solo fotografías. La toma de datos debe estar regida siempre por las siguientes características: fidelidad, definición, claridad y proporcionalidad; ya que se debe de entender perfectamente lo descrito tanto si fuera visto por otra persona, como por uno mismo en el caso de que pasara demasiado tiempo entre la toma y su lectura, además de que de esta forma se ahorra tiempo evitando las sucesivas idas y venidas. El levantamiento gráfico es la base fundamental de todo estudio conducente a la comprensión de un edificio, ya que mediante la elaboración de los planos que definen cada elemento, se llega a un marco autoreflexivo sobre los aspectos de la construcción, tanto de forma particular como global, que desemboca en el conocimiento profundo del propio elemento dibujado, reflejándose en el grado de precisión y rigurosidad empleados.

Concluida la toma de datos comienza la fase de digitalización de los mismos, para lo que simplemente se tratará de reflejar lo ya anotado. Las finalidades de la digitalización van más allá del simple hecho de pasar a limpio las referencias obtenidas; con ello se consigue una visión de conjunto mediante la simplificación de las unidades estratigráficas murarias por medio de tramas y colores, y nos da la posibilidad de manipular los datos para conseguir apreciar de la forma más sencilla las diferentes etapas del edificio.

Completando el levantamiento gráfico, y como consecuencia de una reflexión siempre acompañada de unos conocimientos sobre historia de la construcción, se encuentran las secciones constructivas del edificio, que son auténticas radiografías, expresadas de forma gráfica, que abarcan la mayor información posible sobre los sistemas constructivos empleados dentro del volumen generado por un edificio. Tienen como nexo de unión las superficies constructivas que son la parte vista de dichos sistemas constructivos. Dichas secciones constructivas se suelen visualizar mediante la apertura de catas, ya que, aunque se puede intuir el sistema con el que se ha efectuado la obra, cada edificio debe de entenderse como único y genuino por estar ligado a un contexto histórico influenciado por diversos factores como: la localidad geográfica, el presupuesto de la obra, los conocimientos del constructor, las rehabilitaciones y restauraciones, etc. El esfuerzo por realizar este tipo de radiografías gráficas termina orientando, a la persona que debe de analizar una superficie muraria, sobre la evolución de dicho elemento, siempre que sepa los criterios y el grado de fiabilidad con la que se han plasmado dichas secciones constructivas.



A raíz de lo expuesto, se ha pretendido formalizar y aumentar la profundización sobre el conocimiento del elemento arquitectónico y de su realidad constructiva, mediante el método más costoso pero a la vez más fiable y riguroso, como es sin lugar a dudas, el propio proceso del levantamiento gráfico. (Fig 1.)

Una vez terminado el proceso de levantamiento gráfico, y concluidas las hipótesis constructivas con la ayuda de catas, se comienzan a analizar las superficies constructivas, que no son otra cosa sino la realidad constructiva que alcanza nuestra visión, y el documento primario original y directo que más información nos puede ofrecer sobre el edificio. Para ello se han utilizado los dibujos efectuados, ya que al estar digitalizados ofrecen la posibilidad de manipularlos para analizar cada superficie por separado. Esta tarea de aislar las superficies es necesario llevarla con un orden impuesto por una lógica para así evitar cometer errores por exceso o por defecto. Se puede decir que este edificio, en su estado actual, está formado por espacios o estancias tridimensionales determinados por la estructura ideada por el arquitecto. Cada una de estas estancias estructurales podrían entenderse como fases o unidades constructivas, ya que, en algunos casos, si las aislamos unas de otras pueden tener una cierta estabilidad por sí mismas, y posiblemente la mayoría de sus superficies fueran construidas en un determinado momento. Hay que recalcar que las estructuras, a no ser que sean destruidas, permanecen durante más tiempo que las posibles particiones. Una vez se tiene clara la división del edificio esta se refleja sobre la vista de sección en planta y se le dota de una nomenclatura con una intención clara de orientar la futura catalogación de superficies. En el caso práctico aplicado sobre la iglesia de San Juan del Hospital de Valencia dicha división se ha efectuado de la siguiente forma: (Fig 2.)

La estructura del edificio esta muy marcada por los muros de la nave central (letra C) fragmentada por sus arcos diafragmáticos (enumerados desde la cabecera hacia los pies del templo). Estos arcos diafragmáticos se prolongan hacia el exterior de la nave a modo de contrafuertes que son aprovechados para formar las capillas o dependencias, tanto al lado de la Epístola (letra P) como del Evangelio (letra V) de la citada iglesia. Nos aproximamos así a una cuadrícula donde las unidades constructivas longitudinales se definen con letras (C, P y V), y las transversales con números (del 1 al 7).

Cada una de estas unidades constructivas se disponen en planta de forma regular o irregular, y están formadas por superficies exteriores (letra E) e interiores (letra I). En el caso de que dos o más unidades constructivas compartan un mismo elemento estructural, por ejemplo un muro de carga, estas superficies solo serán interiores y pertenecerán a la unidad constructiva adyacente. Es por ello que al encontrarse superficies exteriores libres de cualquier otra unidad constructiva, o que se encuentren lindando con una edificación que no se analice, estas deben de incluirse dentro de su unidad constructiva y ligarse a su superficie muraria más próxima. Podría darse el caso que dentro de una misma unidad constructiva existiera un elemento de partición, por ejemplo un tabique, que se considerara necesario analizar, se procedería a designar los espacios mediante algún grafismo, por ejemplo en particiones en planta se le asignarían letras y en particiones en altura números.

Las superficies constructivas que conforman cada unidad han sido descompuestas para interiores en: piso (P), techo (T) y alzados (este, norte, oeste, sur, según su orientación polar en orden alfabético: E, N, O y S); y para exteriores en: piso (P, solo en planta baja), cubierta (C, para últimas plantas) y alzados (siguiendo su orientación polar en orden alfabético se designan con las letras: E, N, O y S). Por último en cada una de estas superficies constructivas se realiza el análisis murario que es el que derivará en las unidades estratigráficas murarias (UEM) a las que se les asignará un número.

Resumiendo se podría decir que el edificio se divide en unidades constructivas que a su vez se subdividen en superficies constructivas de las que finalmente se obtienen las unidades estratigráficas. En el caso practico que nos ocupa, se ha escogido para designar cada unidad estratigráfica la disposición de los grafismos anteriormente expuestos y siempre siguiendo un orden alfabético para poder utilizarlos en una base de datos informatizada. Así pues la nomenclatura quedaría de la siguiente forma:

CPV / 1234567... – EI / PCTENOS – U / 1234567...

Ejemplo: C2 – ES – U6

La designación de la dirección "este" con la letra "E" en vez de con la letra "W" (en ingles: west) ha sido por una cuestión de facilidad a la hora de nombrar cada unidad, por lo que esta nomenclatura queda abierta al tipo de idioma empleado. Hay que comentar que en el caso de que se hubieran dado más de 10 unidades constructivas transversales o más de 10 unidades estratigráficas murarias se habría añadido un 0 a la unidad, es decir: 01, 02, 03... Como también hay que decir que no se han incluido ni suelos ni cubiertas debido a que al ser en su mayoría recientes no aportaban datos como para alcanzar conclusiones.

Una vez organizadas todas las superficies constructivas comienza la tarea de análisis de datos de cada una de ellas. Siguiendo la catalogación escogida se manipulan los dibujos digitalizados de forma que se aíslan cada una de las superficies para imprimirlas por separado y siguiendo el orden establecido.

Cabe destacar que durante el proceso de toma de datos anterior también se debe de realizar una documentación fotográfica y, por supuesto, se debe de poner especial atención en los siguientes aspectos: diferenciación e identificación numérica de elementos y superficies estratigráficas murarias; descripción de: las huellas, el cromatismo de la superficie, la fábrica y su aparejo, los arcos, dimensiones de las piezas, los morteros, el acabado de la piedra y de sus juntas o en su defecto del enlucido, y las marcas de cantero si las tiene. Cualquier otro tipo de incidencia no descrita anteriormente también ha de ser reflejada de la forma en que se crea más conveniente durante la toma de datos.

Gran parte de la labor de análisis del monumento va a estar influida por las fichas de las diferentes superficies constructivas que envuelven la realidad del edificio. Por eso se debe de tener especial cuidado a la hora de componer una ficha. En el presente caso particular estudiado se ha realizado un modelo de ficha en el que se ha creído conveniente la simplicidad para evitar una difícil y farragosa lectura, y que además pudiera ser apropiado para cualquier tipo de inmueble. Dichas fichas tipo constan de los siguientes apartados:

Número de identificación: se trata de la nomenclatura expuesta anteriormente, en donde se refleja, de forma escrita, primero la unidad constructiva a la que pertenece (según la sectorización que se ha dispuesto), después la superficie constructiva a la que se refiere (Exterior o interior, y dirección proyectada) y por último la unidad estratigráfica que se concreta (enumerada).

CPV / 1234567... – EI / PCTENOS – U / 1234567...

Ejemplo: C2 – ES – U6

Fotografía: en donde se aprecia a grandes rasgos y de forma general la superficie constructiva que se está analizando.

Situación: en donde se expresa de forma gráfica la localización en planta de la superficie constructiva expresada ya de forma escrita en su número de identificación.

Análisis de la superficie constructiva: en donde se aprecia, por medio del sistema diédrico, de forma gráfica la localización y dimensiones de las huellas, elementos arquitectónicos, marcas de cantero (si existen), y la delimitación de cada unidad estratigráfica con su numeración (ya que sobre estas se elaborará la base de datos). Es importante que este apartado se exponga con unas proporciones lo más aproximadas a la realidad posible, por si fuera necesario compararlo con otro elemento que aparezca en otra ficha diferente, y por eso es necesario aplicar una escala normalizada para todas las fichas, si las dimensiones del edificio lo permiten. En el presente trabajo se ha utilizado una escala 1/100 ya que, aunque sería aconsejable realizarlas a 1/50, se encuentra en el límite en donde todavía se percibe el edificio con la suficiente definición y se disminuye a la cuarta parte el número de fichas. Dichas fichas, para el caso práctico del edificio investigado, se han dispuesto de la siguiente forma: (Fig 3.)

Aparte de estas fichas también se hace necesario realizar un esquema en planta en donde se especifique la falta de traba en las uniones entre muros que no se puede ver con claridad mediante la utilización del sistema diédrico, además que de esta forma se consigue una percepción más amplia de las fases acontecidas en el edificio.

Por último se realiza una base de datos sobre las unidades estratigráficas de forma informatizada, que sirva como fuente documental, y también para procesar los datos necesarios para sacar conclusiones fiables. Se ha considerado conveniente que aparezcan las siguientes características:

Número de identificación: se trata de la nomenclatura expuesta anteriormente, en donde se refleja, de forma escrita, primero la unidad constructiva a la que pertenece (según la sectorización que se ha dispuesto), después la superficie constructiva a la que se refiere (Exterior o interior, y dirección cardinal) y por último la unidad estratigráfica que se concreta (enumerada). CPV / 1234567... – EI / PCTENOS – U / 1234567... (C2 – ES – U6)

Tipo de fábrica: entre los tipos de fábricas que se distinguen atendiendo al material utilizado en sus piezas se encuentran las de: ladrillo, mixtas de piedra y ladrillo, piedra, y las de tapial. A no ser que aparezca algún tipo de soporte, como la cal o el yeso, que las cubra por completo, para lo que sería necesario realizar catas.

Tipo de aparejo: se clasifican, según el tipo de fábrica empleada, a tenor de una serie de características basadas en un principio de trabazón según estén colocadas las piezas. A no ser que aparezca algún tipo de soporte que las cubra por completo, para lo que sería necesario realizar catas.

Dimensiones de las piezas: estas no siempre se han hecho con la misma forma o con las mismas dimensiones, por lo tanto son unos elementos que pueden utilizarse para diferenciar un periodo de otro en una construcción. A no ser que aparezca algún tipo de soporte, para lo que sería necesario realizar catas.



Acabado de la superficie: la superficie de acabado es el aspecto estético definitivo que tiene el material en su cara vista.

Cromatismo de la superficie: en materiales de la misma familia su diferenciación se hace extremadamente compleja porque estos están formados por compuestos químicos que les confieren diversas tonalidades y colores. La diferenciación de forma visual se trata de algo meramente orientativo siendo fundamental la participación del laboratorio para la correcta identificación.

Tipo de mortero de juntas: ocurre lo mismo que con la diferenciación en materiales de la misma familia, se trata de algo meramente orientativo siendo fundamental la participación del laboratorio. A no ser que aparezca algún tipo de soporte que las cubra por completo, para lo que sería necesario realizar catas.

Acabado de las juntas: atienden a determinadas nomenclaturas con respecto a la forma de acabado en relación a la superficie de la fábrica: enrasada, rehundida, degollada, saliente, matada, y oculta o a hueso.

Por último se realiza un análisis en donde se reflejan todos los datos obtenidos desde el documento original directo, es decir, el edificio, mezcladas con fuentes documentales de todo tipo. Para el caso práctico realizado, entre estas fuentes documentales destacan los libros de Llorca (1930), Tormo (1944), Gasco (1967) y Bravo (2000), y ni que decir del Plan director y la gran información de varios archivos aportada por Cruselles (2000). Además de los documentos gráficos de Mancelli (1608) y Tosca (1704 y 1738), y los fotográficos del archivo histórico de la iglesia que son realmente extensos.

Ese análisis se realiza de forma pormenorizada en cada una de las unidades constructivas y finaliza en un diagrama estratigráfico en donde se describen las relaciones entre las diversas unidades estratigráficas atendiendo a criterios de diacronía o sincronía, es decir, relaciones de contemporaneidad, anterioridad y posterioridad.

Con toda esta información se consigue aproximarse de una forma rigurosa y coherente mediante hipótesis a la evolución constructiva de un edificio construido, y, por supuesto, se contribuye a aumentar de forma gráfica y escrita la información que hasta hoy se conservan de forma visible sobre el patrimonio arquitectónico.

CONCLUSIONES

Para la realización de este trabajo es fundamental la aportación de conocimientos de las diversas disciplinas relacionadas con la conservación del patrimonio arquitectónico. El propio proceso del levantamiento gráfico se hace imprescindible, conforme se avanza en el proceso de elaboración de planos va surgiendo la información transmitida por el propio edificio, y en definitiva ésta es la que ayuda a generar una reflexión crítica a la hora de abordar las diversas dificultades que van apareciendo.

La metodología para la investigación sobre la evolución constructiva de edificaciones históricas pertenece al ámbito de aplicación de la arquitectura patrimonial. Su potencialidad como instrumento de precisión es evidente para evitar cualquier omisión en la toma de datos que posteriormente afecte a la interpretación y fiabilidad de los resultados y de las conclusiones.

La presente metodología permite realizar un reconocimiento y evaluación del objeto de forma paulatina y sin omisiones, y acercarse lo máximo posible a las diversas transformaciones morfológicas que han acaecido sobre un edificio construido. Mediante una metodología precisa y rigurosa se reflejara sobre el papel toda fuente documental para posteriores investigaciones y trabajos, y que además desembocará de forma directa en las diferentes etapas históricas del edificio. Si se entiende como fuente documental directa el propio inmueble, el cual ha llegado hasta este momento de su historia como un documento de información alterado por las diferentes intervenciones y que expresa la realidad tal cual ha sido, se puede afirmar que el presente estudio analiza la gran parte del documento primario, el cual sirve como base para el resto de documentos escritos y gráficos que permiten abordar la lectura del edificio de una forma precisa y coherente.

La clave de todo estudio que intente comprender un edificio es, sin lugar a dudas, el proceso del levantamiento gráfico, ya que mediante la elaboración de los trazados que definen cada elemento, queda impregnado un marco autorreflexivo sobre los aspectos de la construcción, tanto de forma particular como global, y que desembocan en el conocimiento profundo del propio elemento dibujado, reflejándose en el grado de precisión y rigurosidad empleados. La labor de estos documentos gráficos y del estudio realizado tienen un denominador común: la defensa y conservación del patrimonio arquitectónico. El patrimonio histórico que poseemos es parte de nuestra memoria colectiva que nos da las vías para conocer nuestro pasado, que es, en definitiva, parte de nosotros mismos.

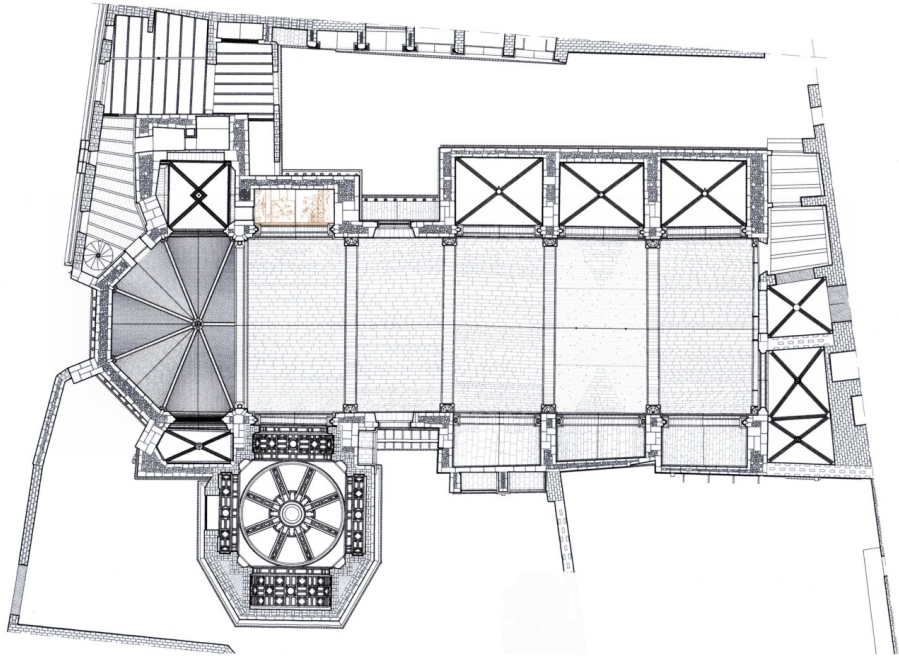


Fig 1.
Ejemplo de levantamiento gráfico. Vista sección cenital.
Iglesia de San Juan del Hospital de Valencia.

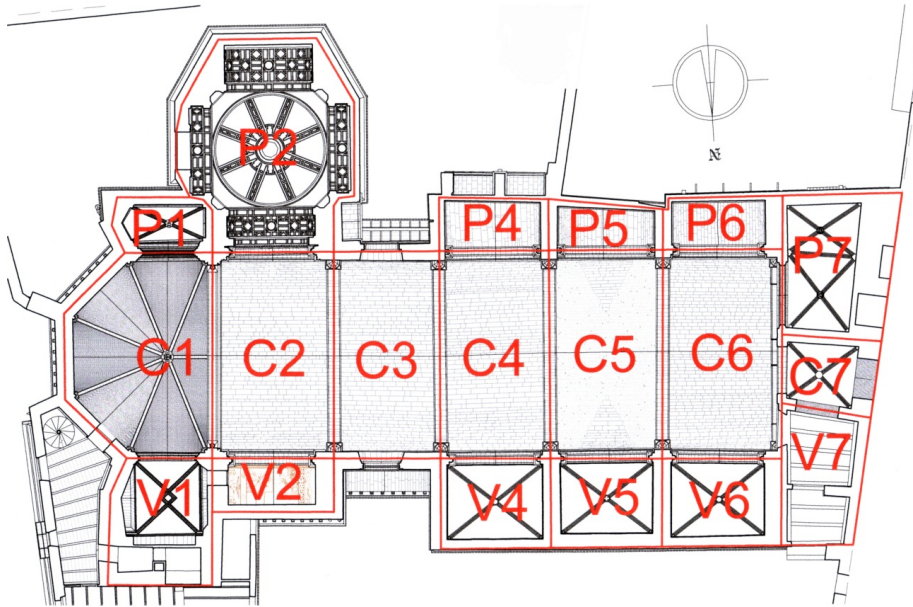


Fig 2.
Ejemplo de división de un edificio en unidades constructivas.
Vista de la sección en planta reflejando la estructura cenital.
Iglesia de San Juan del Hospital de Valencia.



NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN

CPV / 1234567... – EI / PCTENOS – U / 1234567...

FOTOGRAFÍA

SITUACIÓN

ANÁLISIS DE
LA SUPERFICIE
CONSTRUCTIVA

ESCALA 1/100

86

Fig 3.
Ejemplo de tipo de ficha empleado.

- Almagro Gorbea, A. 1996 "La fotogrametría en la documentación del Patrimonio Histórico". Cuadernos técnicos. Técnicas de diagnóstico aplicadas a la conservación de los materiales de construcción en los edificios históricos. Sevilla.
- Bechmann, R. 1991 "Los dibujos técnicos del Cuaderno de Villard de Honnecourt" Villard de Honnecourt. Cuaderno. Ed. Akal, Madrid.
- Benito Goerlich, D. 2000 "Catalogo de monumentos de la Comunidad Valenciana. Tomo II". Ed. Generalitat Valenciana. Valencia.
- Bravo Navarro, M. 2000 "Iglesia de San Juan del Hospital". Ed Comisión Histórico artística de la Iglesia de San Juan del Hospital. Valencia.
- Caballero Zoreda, L. 1995 "Método para el análisis estratigráfico de construcciones históricas o "lectura de paramentos"". Informes de la construcción 435.
- Castro Villalva, A. 1996 "Historia de la Construcción Medieval. Aportaciones". Edicions U.P.C. Barcelona.
- Choisy, A. 1970 "*Historia de la arquitectura*". Ed. Lumen. Buenos Aires 1970.
- Crespo Godino, D. Tesina "Génesis Constructiva de la Iglesia de San Juan del Hospital de Valencia a través de la lectura muraria y de las fuentes documentales". (Lectura y defensa en Valencia Febrero 2012).
- García Valldcabres, J. Tesis Doctoral "La métrica y las trazas de la Iglesia de San Juan del Hospital de Valencia". (Lectura y defensa en Valencia 2010).
- Gasco Pascual, L. 1995 "La iglesia de San Juan del Hospital de Valencia y su relación con la soberana Orden de Malta (Historia de su recuperación 1967-1969)" Ed. Paris-Valencia Facsímil. Valencia.
- Jiménez Martín, A. & Pinto Puerto, F. 2003 "Levantamiento y análisis de edificios. Tradición y futuro". Universidad de Sevilla. Secretariado de Publicaciones. Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción. Sevilla.
- kimpel, D. 1995 "La actividad constructiva en la Edad Media: Estructura y evolución". Talleres de Arquitectura en la Edad Media, Moleiro editor, Barcelona.
- Leistikow, D. 1967 "Edificios hospitalarios en Europa durante diez siglos: historia de la arquitectura hospitalaria". Publicación Ingelheim am Rhein: Boehringer Sohn.
- López González, C. & García Valldcabres, J. 2005 "La geometría en el proceso de restauración: anastilosis de arcosolios en el cementerio de San Juan del Hospital de Valencia". Revista EGA nº7, Vol. I, nº5. pp. 126-135. Valencia.
- Llorca, F. 1995 "San Juan del Hospital de Valencia: una fundación del Siglo XIII / por Fernando Llorca". Publicación. Valencia: librerías Paris-Valencia, Valencia.
- Mileto, C. 2000 "Algunas reflexiones sobre el Análisis Estratigráfico Murario" Loggia nº9, pp. 80-93. Valencia.
- Navarro Fajardo, J.C. 2005 "Bóvedas valencianas de crucería de los siglos XIV al XVI. Traza y monte." Universidad de Valencia. Valencia.
- Tabales Rodríguez, M.A. 2002 "Sistemas de análisis arqueológico de edificios históricos". Universidad de Sevilla. Sevilla.
- Tormo, E. 2005 "Monumentos de la ciudad de Valencia en peligro de pérdida" Ed. Paris-Valencia Facsímil, Valencia.
- Viollet-Le-Duc, E. 1996 "La construcción medieval". Instituto Juan de Herrera, CEHOPU, CEDEX. Madrid.
- Zaragozá Catalán, A. 2000 "Arquitectura gótica valenciana. Siglos XIII-XV". En Monumentos de la Comunidad Valenciana (Catálogo de Monumentos y conjuntos declarados e incoados, Tomo I) Generalitat Valenciana, Valencia.



ANÁLISIS DE LAS PORTADAS DE FERIA DE SEVILLA: UNA ARQUITECTURA EFÍMERA PARA LA FIESTA.

Pablo DÍAZ CAÑETE
M^o Dolores RINCÓN MILLÁN
Antonio ÁVILA MONROY

Universidad de Sevilla
Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería en la Edificación

Resumen

Sevilla ha cultivado una tradición que aúna arquitectura y fiesta: el levantamiento de egregios monumentos arquitectónicos expuestos públicamente para el conjunto de la ciudad, arquitecturas diseñadas para desaparecer sin solución de continuidad, diseños constructivos levantados para conmemorar lo religioso y lo profano. En definitiva, arquitecturas desarrolladas que han hallado en nuestra ciudad, caracterizada por vivir gran parte de su historia en la calle, el contexto idóneo para proliferar, aunando la arquitectura con la fiesta, y siempre bajo el signo inequívoco de su carácter perecedero.

En nuestros días, uno de los principales ejemplos de arquitectura efímera que se da en Sevilla es el emblema más universal de la Feria de Abril: su Portada. Constituye por sí misma uno de los principales símbolos arquitectónicos de la tradición festiva sevillana y recoge en su concepto formal los elementos más característicos de la arquitectura: el muro, la torre y la puerta o arco.

Abstract

Seville has cultivated an tradition that combines architecture and celebration: the raising of distinguished architectural monuments exposed publicly for the whole city, architectures designed to disappear without continuity, construction designs erected to commemorate the religious and the profane. Ultimately, architectures developed that have been found in our city, characterized to live its history on the street, the right context to proliferate, combining architecture with party, and always under the unmistakable sign of its perishable nature.

88

Today, one of the prime examples of ephemeral architecture that occurs in Seville is the most universal symbol of the April Fair: Your Fair's Doorways. Is itself a major architectural symbols of the holiday tradition in Seville and formal concept contains the most characteristic elements of architecture: the wall, the tower and the door or arch.

INTRODUCCIÓN.

Arquitectura versus Efímera.

Se inicia esta comunicación con una acepción que, inicialmente, puede resultar contradictoria: *arquitectura efímera*, entendiéndola como la que nace y planifica su tarea constructiva bajo el prisma de una limitada temporalidad.

La propia Arquitectura, evoca su morfogénesis con firme voluntad de permanencia, aspirando a las mas altas cotas de continuismo temporal, si bien es cierto que la adjetivación "temporal - efímera" conlleva, por su propia definición académica, (según Diccionario de la Real Academia Española) una perdurabilidad limitada en el tiempo, es decir, una permanencia pasajera, perecedera en un corto intervalo de tiempo, y abocada a una temprana desaparición.

No obstante, y a pesar de este apriorístico axioma, la realidad constructiva y urbanística nos hace ver que ambos términos: *arquitectura* y *efímera*, han ido íntimamente ligados en sucesivas manifestaciones constructivas a las que Sevilla no ha escapado, más bien lo contrario. La propia historia de nuestra ciudad evidencia una continua evocación al pasado y su exorno arquitectónico y urbanístico.

Históricamente, la génesis de la *arquitectura efímera* se remonta a los orígenes de la propia civilización. Es más,

la arquitectura debió tener en su origen un carácter de provisionalidad asociado a los primeros asentamientos que los pueblos nómadas implantaban temporalmente sobre los terrenos que alternativamente habitaban. La aparición de asentamientos estables vinculados a la condición sedentaria del ser humano, es probable que generara la necesidad del

carácter duradero de la arquitectura en los núcleos de población, desligándose la consideración de efímera de la arquitectura del habitar. Gentil, Yaguas (2004, p.166)

Por tanto, la *arquitectura efímera*, si bien sus manifestaciones más evidentes y palpables se aprecian desde la Edad Media, se vienen dando regularmente desde el Renacimiento, se consolidan durante el Barroco y alcanzan su época de mayor esplendor y proyección internacional durante la segunda mitad del siglo XIX y primeras décadas del XX en el seno de los certámenes y ferias de carácter nacional y universales a modo de excelsos pabellones provisionales.

No obstante, el análisis de la mayor parte de las líneas de investigación y libros editados sobre la materia, sustenta la implantación de la *arquitectura efímera* en el diseño, levantamiento y desaparición de estructuras arquitectónicas erigidas para servir de soporte al ritual y a la festividad, al laicismo y la espiritualidad, a la ceremonia y el espectáculo, imprimiendo a estas construcciones una función simbólica, figurativa, conceptual y representativa sometida a los poderes fácticos, ya sean éstos políticos, civiles o eclesiásticos. Es lo que algunos teóricos y analistas ha venido en denominar "arquitectura de la autoridad".

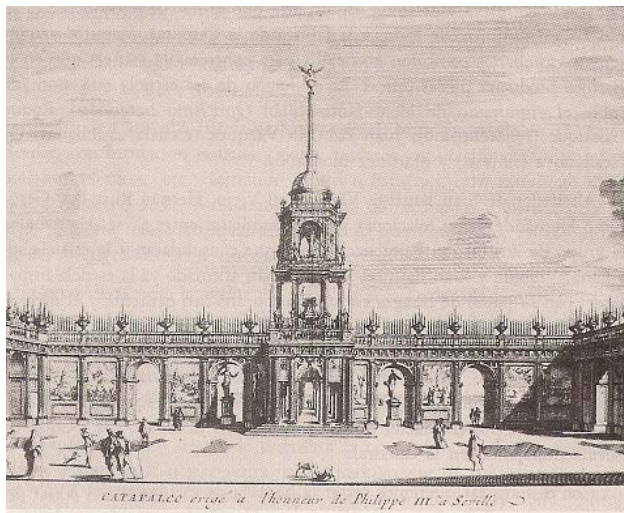


Fig. 1. Túmulo funerario en honor a Felipe II. 1598. Grabado holandés del siglo XVIII

El simbolismo de lo efímero.

La *arquitectura efímera*, en líneas generales, está asociada al levantamiento y desaparición de construcciones arquitectónicas y/o urbanísticas ligadas a una determinada conmemoración. Es así, una manifestación artística, simbólica, representativa y hasta, incluso vehículo propagandístico de lo que conmemora, celebra o representa. En ocasiones, tal es su función simbólica o sintética que, el edificio o construcción, en sí mismo, queda desprovisto de cualquier otra función objetiva, siendo, por tanto, un monumento tal y como lo define el Diccionario de la Real Academia Española "obra pública y patente en memoria de alguien o de algo".

A modo de arcos de entrada, de pórticos, de edículos, de altares callejeros, de catafalcos o túmulos funerarios, de pabellones para exposiciones, de templetes, de baldaquinos, de espacios para la escenificación teatral, de quioscos provisionales, de fuentes, de estanques,... todos y cada uno de ellos hablan de la realidad política, civil y social del momento que les ha tocado vivir, a la vez que describen los gustos estéticos y "modus vivendi" de la época. Se convierten, de esta forma, en notarios de la vida ciudadana. Transcriben, simbólicamente, la realidad circundante.

La arquitectura efímera: un modelo impulsor de innovación.

El carácter fugaz de la arquitectura efímera, ha determinado la esencia natural de atrevimiento, modernidad y audacia en sus propuestas estéticas, que disimulan con imaginación la humilde naturaleza de sus materias y elementos constructivos (madera, tubos, telas, estopas, cartón, papel, cal escayolas, estuco, etc.)

Son obras impulsadas por un espíritu vitalista y festivo que hacen, en efecto, que las *arquitecturas efímeras* sean arquitecturas en "estado puro", alejadas tanto de condicionamientos funcionales como de exigencias estructurales. Por ello, gustan de la búsqueda de soluciones a veces radicales, inconcebibles en materiales duraderos. Pero, además, sirven para disfrazar la ciudad, para ofrecer de ellas una imagen irreal y utópica, paralela a la real, superponiéndose durante los breves días que dura la celebración de la fiesta o el



acontecimiento que conmemoran. `Es la arquitectura dotada de la "gratuidad" del arte y de la "inutilidad" de la belleza'. Lleó (2004, p. 15)

Estas construcciones efímeras, destinadas a desaparecer tan pronto cumplan su función, más que buscar la perfección arquitectónica, pretenden producir efectos sorprendentes y causar admiración en el foro popular. Su carácter transitorio y perecedero hace que, en ocasiones, adquieran un grado de modernidad y valentía en las formas, difícilmente detectable en obras duraderas o permanentes. Bonet (1990)

OBJETIVOS.

Modelo de análisis.

Acotado desde el comienzo con el título: "Análisis de las Portadas de Feria de Sevilla: una Arquitectura Efímera para la Fiesta", nace esta comunicación con el objeto de desarrollar un modelo de análisis y aproximación a la generalidad constructiva de una larga tradición arquitectónica que, arraigada en Sevilla, se expone año tras año en su Feria más Internacional, "La Feria de Abril".

Catalogación de las Portadas de Feria de Sevilla.

Tras alcanzar un método de análisis que nos proporcione la información precisa y necesaria para el entendimiento de cada una de ellas. Podremos realizar una posible catalogación, clasificación u ordenación, por períodos, temática, características técnicas, autores, etc.

Puesta en Valor del Patrimonio Efímero de Sevilla.

Se trata de comprender el significado de estas magnas construcciones con fecha de caducidad. Poner en valor idearios constructivos conmemorativos de efemérides que vienen caracterizando desde hace siglos una parte importante de la arquitectura sevillana bajo trazas de temporalidad y sujeción a criterios constructivos y arquitectónicos que han trascendido su carácter efímero pero dejando huella permanente en la conciencia colectiva.

CONTENIDO.

Las portadas de feria: origen y evolución. Las portadas, sinónimos de puertas de entrada a la ciudad.

En nuestros días, uno de los principales ejemplos de arquitectura efímera que se da en Sevilla es el emblema más universal de la Feria de Abril: su Portada. Constituye por sí misma uno de los principales símbolos arquitectónicos de la tradición festiva sevillana y recoge en su concepto formal los elementos más característicos de la arquitectura: el muro, la torre y la puerta o arco.

A pesar de estos elementos adoptados con criterios de reiteración, esta forma de arquitectura provisional mantiene anualmente condiciones de primicia y novedad que la hacen única y diferente de las anteriores. Es más, la Portada, en su concepto actual, es un elemento relativamente contemporáneo, pues hasta los años veinte del pasado siglo no se comenzó a adoptar la forma más o menos permanente e institucionalizada, en el Prado de San Sebastián, semejante a la que hoy conocemos como tal. Gentil, Yaguas (2004, p.146)

Por tradición, la Puerta de San Fernando ha sido durante veintidós años (1847, año comienzo 1ª feria de abril – 1869, año demolición puerta San Fernando), la entrada natural a la Feria y de esta puerta, las primeras portadas efímeras intentaron rememorar dicho acceso con materiales vegetales y arcos rústicos y rutinarios que fueron evolucionado en progresión a medida que la Feria se alejaba de la muralla.



Fig. 2. Imagen de la Feria de Sevilla con la Puerta Nueva o de San Fernando al fondo. 1850. "Vistas de España". N.Chapuy. Colección del Duque de Segorbe

A partir de la desaparición de la Puerta de San Fernando, se alzaron las primeras portadas efímeras. La primera referencia la hallamos en 1874, cuando José M^o. Ybarra, alcalde de la ciudad y uno de los artífices fundadores de la feria, propuso la realización en su lugar de un "gran arco rústico adornado con grupo de aperos e instrumentos agrícolas", para lo cual se llevó a efecto la propuesta construyendo una portada vegetal- "un arco de ramaje"- en la que se instaló la primera iluminación eléctrica del recinto, y desde cuya parte alta lanzaba destellos de luz, estando al cargo de todo ello el ingeniero D. Gustavo Mayo. Collantes de Terán (1982, p.42)

Hasta llegar a la formalización de una Portada de Feria, la ciudad vivió en sucesivas ediciones el empleo de arcos ornamentales de estilo rústico, en principio adornados con aperos de labranza (con referencia directa al motivo de la fiesta) a la que le continuó insistentemente arcos acicalados con flores y luminarias, o bien, fuentes luminosas que evidenciaban que la reinención anual de una portada venía a ser una labor sobre la que no se depositaba la suficiente dedicación e interés.

Cincuenta años después de la inauguración oficial de la Feria abrileña contemporánea, en 1896, se construyó la Pasarela, estructura metálica obra del ingeniero Dionisio Pérez Tobía. No era una construcción provisional, sino fija, y permitía el paso inferior de tranvías y tráfico de vehículos, así como el tránsito de viandantes por su parte superior. Situada donde hoy se ubica la Fuente de las Estaciones, representó durante veinticinco años un papel simbólico que sería más apreciado con el pasar de las décadas que en el momento histórico que le tocó vivir.



Fig. 3. Postal con imagen de la Pasarela.

Su supresión replanteó, una vez más, el problema de años anteriores: continuas fluctuaciones en torno a fuentes, monolitos, torres, obeliscos o portadas circunstanciales reiterativas sin valor en sí mismas. Lo cierto es que con su demolición es cuando verdaderamente nacen las primeras y provisionales portadas de Feria, en su enclave originario del Prado de San Sebastián, y que haría las veces de vestíbulo a la ciudad efímera.

De un análisis iniciático de estas portadas, hallamos en términos generales, construcciones ornamentales carentes del espíritu de las actuales Portadas de Feria. Diseños populistas, escasa elaboración pero mucha ornamentación y, en definitiva, carentes de criterios de base que fomentaran la esencia de continuidad ni intención de monumentalidad, hecho que revertiría en 1949, año en el que arranca la construcción de las monumentales portadas que abarcan toda la Glorieta de Don Juan de Austria, en la rotonda de la Fuente de las Estaciones, ocupando ambas aceras de la avenida del Cid. A partir de entonces, y motivado en gran parte por la modificación de la normativa en cuanto a ubicación de la portada, se retoma el argumento de la puerta que se ha prolongado hasta hoy.

Sería a partir de 1954 cuando el diseño del pórtico ferial entra en su fase contemporánea, toma como modelo global las puertas de la ciudad, adquiriendo grandiosidad e importancia al cobijo de los servicios municipales de Ferias y Fiestas Mayores. A su cabeza, Federico Ortiz Álvarez, delineante del Excmo. Ayuntamiento de Sevilla y autor de los sucesivos diseños de los pórticos férales hasta la fecha de su jubilación en 1989.

A grandes trazos, las Portadas de Federico Ortiz, han ido padeciendo una evolución lógica paralela al contexto cultural en el que se inscriben. La timidez de sus comienzos hacia un crecimiento de monumentalidad se ha visto acompañada de un afán de superación y gloria estética favorecido por las nuevas tecnologías y un mayor análisis de la realidad circundante pero, en contraposición, poco permeable a los cambios de los tiempos. Ortiz (1989)

Durante el período creativo de Federico Ortiz, los pórticos de la Feria vienen marcados por cuatro fases claramente diferenciadas en sus diseños que se superponen a las distintas localizaciones de las portadas en la



Feria, y así los dos primeros coinciden con la vida del festejo en el Prado de San Sebastián mientras que las dos últimas se corresponden con la ubicación en el barrio de Los Remedios. Las primeras portadas del Prado de San Sebastián (1954-1964).

En general, sus características las definen como de breves dimensiones en longitud (34 metros la más estrecha del año 1960, y 40 metros, la más ancha de 1959) y altura (12 metros la más baja de 1954 y 19 metros en las correspondientes a 1960 y 1961), líneas sencillas (cuerpo central de gran altura respecto al conjunto integrado por hornacina y fuente así como escaso significado de arcos), e inspiración barroca más acuciada al finalizar el período.

Constructivamente, las portadas del momento venían limitadas por la tecnología existente. Las pilastras y soportes en general se realizaban con rollizos de madera semejantes a los empleados para el alumbrado de todo el Real, normalmente de unos 12 metros de longitud, arriostrados entre sí con un entramado de madera que formaban la estructura del apilastrado. Los arcos se formaban con una estructura de madera formada por un dintel realizado en el mismo sistema del apilastrado, al que se le va supliendo un entramado de madera para obtener el perfil deseado. Al conjunto estructural se le revestía con una lona y se pintaba al temple con aditamento de resina. Dada la dificultad de colocar bombillas sobre el revestimiento de lonas, su iluminación tendía a ser resuelta con farolas adosadas o como remate de contrafuertes.

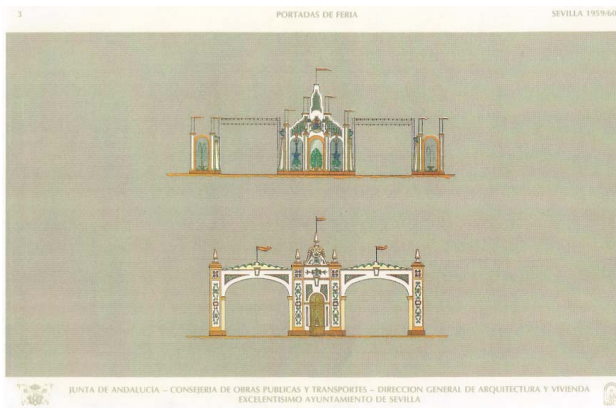


Fig. 4. Lámina de las Portadas de Feria de los años 1959-1960. 1989. C.O.P.T de la Junta de Andalucía

92

Las últimas portadas del Prado de San Sebastián (1966-1972).

La tónica dominante es el incremento de sus dimensiones, variando su longitud desde los 63 metros en 1966 a los 77 metros en 1972, mientras que la altura oscila entre los 23 metros de los años 1966 al 68 y los 32 metros de la última portada en el Prado de San Sebastián de 1972.

Arquitectónicamente suelen recoger una referencia muy directa a la arquitectura e ingeniería de la ciudad: la Pasarela, los puentes de la Plaza de España, los puentes sobre el Guadalquivir, torres de la Plaza de España, etc.; incorporando un análisis arquitectónico a nivel de volúmenes y conjuntos, buscando una comprensión armónica plena de detalles en relación a balaustradas, remate de torres, arcos, decoraciones de azulejería, decoraciones de arquerías.

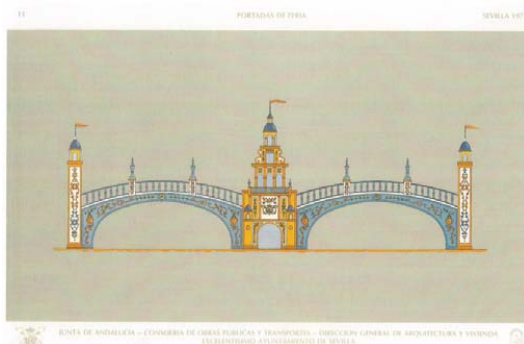


Fig. 5. Lámina de la Portada de Feria 1971. 1989. C.O.P.T de la Junta de Andalucía

Compositivamente su esquema evoluciona respecto a los anteriores y los arcos pasan a ser los verdaderos protagonistas. Suelen ser arcos laterales de grandes dimensiones que acompañan a un cuerpo central que pierde importancia y cuya estilizada configuración en sus remates laterales hacen que estos sean definidos como verdaderas torres. Bajo esta estética visual se retoma nuevamente el sistema de torres amuralladas con torres de vigía y grandes puertas de entrada.

Decorativamente se caracterizan por la profusión de una decoración superpuesta de características barrocas y muchas de ellas como resultado de investigación de azulejería que se resaltaría con una destacada iluminación.

El avance tecnológico se ve reflejado en la construcción de estas Portadas, con la aparición de estructuras tubulares que facilitan considerablemente la libertad de diseño de éstas, estructura tubular que se reviste con tableros aglomerados, dándole mayor continuidad y rematando el acabado con pintura plástica de colores para aportar vistosidad.

Las Portadas de los Remedios (1973 – 2009).

En 1973, la Feria traslada su recinto de celebración al barrio de los Remedios por necesidades de espacio, insuficiente ya en el Prado

Inicialmente, hasta 1981, la Portada se sitúa sobre las aceras, diagonalmente en el encuentro de las dos avenidas principales que delimitaban el recinto, entre la avenida de Ramón de Carranza y la de Antonio Bienvenida. Posteriormente, a partir de la década de los 80, se traslada a la calzada como prolongación de la calle Asunción. Estos cambios de ubicación nos hacen delimitar dos periodos en las Portadas, cuya ideación y composición se alteraría en consonancia con su delimitación espacial.

Primera etapa (1973 – 1981)

Son Portadas que comienzan a adquirir grandes proporciones, predominando la longitud sobre la altura. Esta se alternaría entre los 55 metros del año 1979 a los 34 metros del año 1974, mientras que las alturas se mueven entre los valores de 32 y 25 metros.

Compositivamente responden a un esquema general de portadas simétricas de tres arcos de trazado y ornamentación similar, siendo el central de mayor dimensión que los laterales y ligados a éstos mediante pilastras rematándose lateralmente el conjunto con unos cuerpos verticales que adquieren la condición de torres.

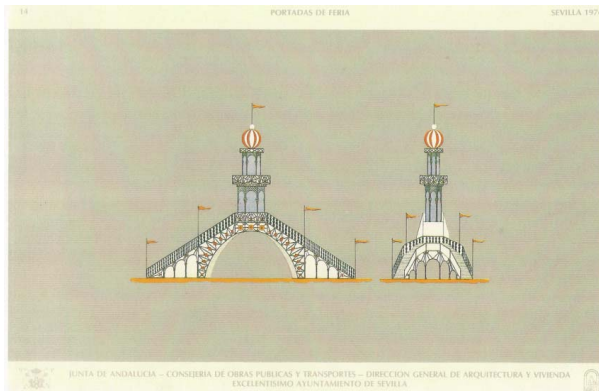


Fig. 6. Lámina de la Portada de Feria 1974. 1989. C.O.P.T de la Junta de Andalucía

Como ocurriera en periodos anteriores se recurre a la utilización y reinterpretación de modelos arquitectónicos que existieron en la ciudad como la Pasarela, el Pabellón Mudéjar, etc. En algunos casos a modo de reinterpretación total de la construcción de referencia y otras de elementos parciales: un tipo de arco, un friso mudéjar, un cuerpo de una torre, etc.

Segunda etapa (1982– 1989).

A partir de ahora las Portadas se sitúan en la prolongación de la calle Asunción, por lo que el cuerpo central pasa a cobrar más relevancia al ser éste divisado desde la Plaza de Cuba.



Es en este periodo cuando las Portadas cobran su máximo esplendor y se alzan como valorados ejemplos de la *arquitectura efímera*. De dimensiones notables, sus proporciones son casi cuadradas, dominando la longitud, poco variable entre unas y otras a consecuencia de la cimentación permanente realizada en el lugar destinado a la ubicación de la portada. Longitudes de van desde los 45 metros en 1986 hasta los 53 de 1987. Con respecto a las alturas estas varían entre los 35 y 45 metros.

Compositivamente evolucionan desde portadas de dos arcos recogidos por un cuerpo central de gran importancia que normalmente se formaliza con una torre referencia de las existentes en la ciudad (Giralda, Plaza de España, Casino de la Exposición...). Contrariamente las de los años 83 y 87 son portadas de un solo arco, carentes de cuerpos laterales no visibles desde la Plaza de Cuba, volviendo en 1988 y 89 al tipo de dos arcos con torre central y remate de torres menores.



Fig. 7. Lámina de la Portada de Feria 1987. 1989. C.O.P.T de la Junta de Andalucía

Son pórticos feriales con referencias formales muy directas a las arquitecturas que jalonan la ciudad: Plaza de España, Casino de la Exposición, Pabellón Mudéjar, Capilla del Carmen del Puente de Triana, Pabellón de Colombia, etc., y cuyas composiciones y decoraciones ganan complejidad respecto a períodos previos. Están dotadas de un lenguaje arquitectónico más evidente y estructurado, con decoraciones profusas en lacería y gran referencia a modelos y elementos reales y existentes; balconadas, balaustradas, puertas, ventanas... que cobran protagonismo y magnitud.

Al igual que en años anteriores, su estructura es tubular revestida con tableros aglomerados, acabados con pintura plástica de vivos colores e iluminación copiosa con luminarias incoloras.

De 1990 a 2006.

Desde 1990, y hasta la convocatoria de ideas ofertadas por el consistorio sevillano a mediados de la década de los años 2000, han sido técnicos vinculados a la Delegación de Fiestas Mayores los que han desarrollado con ingenio y vistosidad el diseño de las Portadas para regocijo de propios y extraños.

De estos años, nombres como Rafael Carretero Moragas, arquitecto técnico y responsable técnico municipal, J. Miguel Fernández Astasio, delineante al servicio de la misma delegación, o Santiago Ortiz Carmona, también delineante como el anterior, harán realidad el alarde técnico y artístico de dar entrada a la Feria de Abril con intuitivas Portadas que han rivalizado en expresividad y han iconografiado total o parcialmente la arquitectura e ingeniería de la ciudad a modo de radiografía artística de sus emblemas civiles y/o religiosos:

- | | |
|--|--|
| 1990. Pabellón Mudéjar | 2000. Puerta de la Carne y torres de la Iglesia de San Pedro |
| 1991. Fachada Principal de los Almacenes Pedro Roldán | 2001. Monasterio de Santa María de la Cuevas |
| 1992. Fachada Principal de la Estación de Córdoba. | 2002. Puerta Monasterio de la Cartuja y Plaza de España |
| 1993. Torre de San Bernardo y la Real Maestranza de Caballería | 2003. Puerta del Rectorado. Universidad de Sevilla |
| 1994. Reales Alcázares | 2004. Palacio de San Telmo |
| 1995. Pabellón de Sevilla en la Exposición del 29 | 2005. Tres Abanicos |
| 1996. Puente de Triana, Parroquia de Santa Ana y Capilla del Carmen | |
| 1997. Antiguo Instituto Murillo. (Hoy Conservatorio de Danza Antonio Ruiz Soler) | |
| 1998. Puerta de Carmona | |
| 1999. Puerta de Triana y Torre de Don Fadrique | |

Los Concursos de Ideas. (2006-2012).

En las últimas seis ediciones de la Feria abriense se ha abierto al público en general, la posibilidad de diseñar la Portada de la Feria, a través de la convocatoria anual de un Concurso Público de Ideas que sirven de sustento para la redacción del proyecto final de dicha Portada.

- 2006. "Palco del Príncipe número 29". Palco del Príncipe de la plaza de Toros
- 2007. "Ecos de Giralda". Balcón de la Giralda
- 2008. "Costurero Sevilla". Costurero de la Reina
- 2009. "De la Feria a los toros". Pañoleta de caseta de feria y arcos de la plaza de Toros
- 2010. "Blériot XI". Criptograma NO&DO. Centenario 1º vuelo militar de Tablada
- 2011. "Vuelta a Sevilla en un mundo". V centenario de la 1ª circunnavegación de la Tierra
- 2012. "... y Sevilla". Iglesia del Salvador



Fig. 8. Fotografía de la Portada de Feria 2012.

Análisis de la portada como elemento individual.

Para afrontar el objetivo principal de este trabajo se ha decidido que el método de análisis más idóneo para el estudio de las Portadas de Feria, sería la creación de una ficha documental en la que ir anotando todos los datos que puedan ser válidos y/o representativos para el fin perseguido. De esta forma el material documental y técnico obtenido queda recogido bajo una metodología sistemática y ordenada.

Los datos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Datos **temporales-conceptuales**, por el carácter efímero de la arquitectura tratada.
- Datos **temáticos - compositivos**, por la reinterpretación que se realiza de la arquitectura existente en la ciudad como ejemplo para el diseño de la portada.

Los datos se han obtenido de los archivos e Instituciones públicas y privadas, fundamentalmente de la Oficina Técnica del Servicio de Fiestas Mayores del Ayuntamiento de Sevilla, artífice material de las Portadas de Feria, para lo cual se han realizado las visitas necesarias para alcanzar la información requerida.

Justificación de cada uno de los apartados de la ficha documental.

Signatura - Registro: Indicaremos en este apartado la referencia que posea el expediente o proyecto con la que ha sido archivado en el Servicio Técnico de Fiestas Mayores del Ayuntamiento de Sevilla. El número de registro que identifica cada expediente nos será muy útil para las posibles consultas posteriores.

Fecha: Con arreglo a las Ordenanzas Municipales de la Feria de Abril, y en su Título I "De la fecha de celebración de la Feria", se articula cual será y porque la fecha de celebración de la Feria.

Artículo 1. La Feria de Sevilla se celebra cada año en la tercera semana posterior a Semana Santa, entre los días martes a domingo, ambos inclusive.



Artículo 2. En aquellos casos en los que el cumplimiento de esta norma obligara a celebrar la Feria íntegramente en el mes de mayo, se adelantará su celebración una semana, siendo, por tanto, la segunda posterior a la de Semana Santa. Aún en este supuesto, y en aquellos años que fuera preciso, la celebración de la Feria se adelantará lo suficiente al menos, para que la prueba del alumbrado tenga lugar dentro del mes de abril.

Año: Al ser la Portada de Feria una *arquitectura efímera*, ésta adopta un valor cronológico que trasciende su objetividad para hacerse referente de un determinado evento. Será, en principio, el año de su construcción el que nos indique la Portada a la que nos referimos.

Nos sitúa temporalmente en una época de nuestra historia, permitiéndonos retroceder en el tiempo y analizar los sucesos sociales, políticos, culturales y económicos de la ciudad, y estudiar la influencia que estos parámetros han tenido sobre el diseño y la construcción de la Portada en cada año.

Autor/es Diseño: En el caso de un organismo: Oficina y Área dedicada al diseño de la portada. En el caso de un particular, identificación de los apellidos y nombre del autor/es de los diseños que ha servido para la realización del proyecto definitivo.

Redacción Proyecto Definitivo: Identificación de los apellidos y nombre del autor/es del proyecto definitivo.

Temática: Distintos temas han sido tratados mediante representaciones alegóricas y simbólicas en las Portadas de Feria desde sus comienzos a mediados del Siglo XIX. Se indicará la temática compositiva y sobre que elementos arquitectónicos o decorativos se abstrae o reinterpreta.

Lema: Desde 2006, fecha de estreno del Concurso Público de Ideas que sirven de sustento para la redacción del proyecto de las Portadas y para evitar la identificación del autor diseñador de la idea en el debate del jurado, la Portada incorpora en su configuración un lema identificativo.

Efemérides: Esta ideación sufriría en los años más recientes una reorientación en su proyecto original con la incorporación de conceptos vinculados a efemérides locales.

Dimensionado: Son muchos los motivos por los que las dimensiones totales han variado de una Portada a otra: por ubicación, por diseño, por tipo de estructura, etc.

Los datos que anotaremos serán las dimensiones totales de la envolvente que produce el conjunto completo. Longitud y altura total, dando como resultante una superficie que aportará datos técnicos cuantiosos y significativos en cuanto a su monumentalidad.

Emplazamiento: El emplazamiento de las mismas ha ido variando conforme a los ordenamientos urbanísticos de la ciudad y, por ende, de los recintos que han acogido a la Feria de Sevilla.

Plano Portada: Alzado y Secciones. Como complemento al dimensionado, y al ser la vista de alzado la más representativa de las imágenes que tenemos de las Portadas, se incluirá en la ficha documental un plano de alzado y secciones.

Maqueta: También incorporamos a la ficha la imagen de la maqueta real o virtual.

Descripción Compositiva de la Portada: Se describe en este apartado de una forma somera los elementos que se integran y que dan forma al conjunto de la composición escenográfica a la que representan. Número de arcos, torres, niveles, etc.

Plano Edificación Temática / Fotografías: Se incluyen planos y fotografías de los edificios reales y elementos arquitectónicos o decorativos que han servido de ejemplo para la reinterpretación del nuevo diseño.

Descripción Compositiva de la Edificación: Se describe en este apartado de una forma somera la edificación real o parte de ella que ha sido utilizada como ejemplo para el diseño de la Portada.

Ejemplo Ficha documental.

DATOS TEMPORALES - CONCEPTUALES

SIGNATURA – REGISTRO: Oficina Técnica. Área de Fiestas Mayores. **REFERENCIA:** PF-2003
Ayuntamiento de Sevilla

FECHA: del 28 de abril al 4 de mayo

Autor/es Diseño: Oficina Técnica.
Área de Fiestas Mayores

Redacción Proyecto Definitivo:

AÑO: 2003
Rafael Carretero Moragas
J. Miguel Fernández Astasio
Santiago Ortiz Carmona

DATOS TEMÁTICOS - COMPOSITIVOS

TEMÁTICA : Puerta del Rectorado de la Universidad de Sevilla

LEMA: A partir de 2006

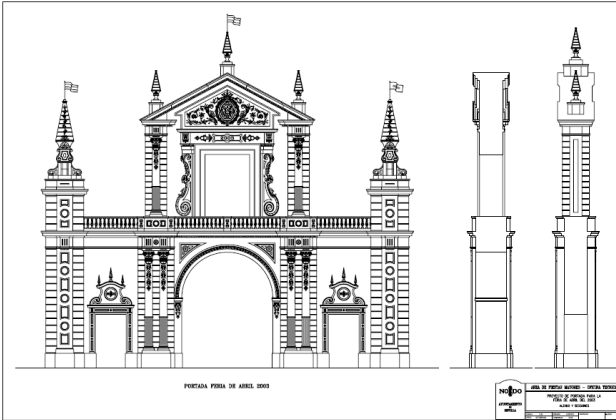
Efemérides: 500º Aniversario de la fundación de la Universidad de Sevilla y 50º Aniversario del traslado de la institución al conjunto monumental de la Fábrica de Tabacos

Dimensiones: Largo y ancho: 49,80 m. x 46,95 m.

Emplazamiento: Barrio de los Remedios

Plano Portada: Alzado y Secciones

Maqueta:



Descripción compositiva de la Portada:

Responde al esquema de cuerpo central con arco de gran importancia y torres laterales iguales unidas a éste por un lienzo de muro. El cuerpo central está formado por dos niveles, el inferior con arco de medio punto como acceso principal al recinto y el superior por hueco adintelado con frontón triangular partido y decoración de pináculos laterales y central rematado con asta y bandera nacional. En los laterales baluartes de gran porte, rematados con pináculos y asta con bandera de la ciudad y de la comunidad; como nexo de unión se proyecta un lienzo de fachada en el que se abren dos pasos peatonales adintelados. Toda la decoración se realiza con motivos extraídos del edificio de la Fábrica de Tabacos.

Plano Edificación Temática: Alzado

Fotografía:



Descripción compositiva de la Edificación:

Diseño del Ingeniero Sebastián Vander Borch, está situada en el centro de una cuidada fachada de tres plantas (baja, entresuelo y planta noble) con ventanas de cuidada guarnición entre pilastras germinadas con ritmo (7-4-3-4-7), resulta de gran vistosidad con sus cajeados y almohadillados. De la puerta misma es de señalar los relieves de las jambas y rosca del arco, rematado por un león que sostiene la cartela con la inscripción de la fecha de terminación MDCCCLVII (1757). La Portada de dobles órdenes compuestos, con gran balcón y frontón quebrado, con tímpano de gran escudo de España entre dos leones está rematada con estatua de la Fama tocando su trompeta, flanqueada por primorosos jarrones de azucenas, dándole al edificio una airosa nota barroca que contrasta con la finalidad utilitaria de la construcción. Rico (2009, p.134)



CONCLUSIONES.

Las portadas de la Feria de Sevilla, un compendio de arquitectura efímera.

Es en este contexto global sobre la *arquitectura efímera* donde hemos focalizamos el eje de nuestra comunicación: Las Portadas de la Feria de Sevilla como ejemplos de la arquitectura efímera local. Se dan en ellas desde sus orígenes primigenios un compendio de especificaciones que hacen de éstas, arquitectónicas estructuras efímeras.

De los postulados reseñados en las anteriores secciones podemos afirmar que las Portadas de la Feria de Sevilla son un exponente de este tipo de construcciones:

- *Su carácter temporal.* Son construcciones erigidas con fecha de caducidad dada su permanencia temporal sobre el territorio urbano. Son arquitecturas esquivas a la perennidad, recurrentes pero concluyentes en sí mismas.
- *Su misión simbólica.* La arquitectura efímera tiene determinado un matiz alegórico, simbólico, conceptual, representativo... al servicio de la conmemoración, ya sea esta ritual o festiva. Resulta evidente que las Portadas de Feria es el referente, la puerta de entrada a una semana de farolillos y sirven de soporte a la fiesta popular y pagana, patrocinada y promocionada por las instancias públicas y destinada al uso y disfrute del pueblo y a todos sus estamentos sociales.
- *El carácter testimonial de la época en la que se inscribe.* Cada una de las Portadas erigidas es permeable a las influencias, modismos, corrientes y circunstancias que ejercen anualmente nuestra Feria de Abril. Determinadas por sus perentorios elementos constructivos, no quedan ajenas, más bien al contrario, al uso de elementos y materiales constructivos humildes en su naturaleza pero profusas en decoraciones alegóricas. Igualmente, su levantamiento ha servido para estimular la conciencia festiva de la ciudad de Sevilla y sus conciudadanos. Además, su implantación ha supuesto una modificación sobre la estructura, trama y modelo urbano de Sevilla, que ha alterado su apariencia y fisonomía.
- *Su carácter novedoso y sorprendente en el diseño.* Cada año, y aunque la fiesta sea la misma y el acontecimiento a celebrar no varía, la Portada luce reinventada respecto del año anterior. No por ser la puerta de entrada a una fiesta reiterada, se abandona a la repetición, sino que mantiene condiciones de primicia con renovado modelo anual. Este es un aspecto que algunos estudiosos de la materia han destacado como necesariamente unido a la *arquitectura efímera*. Se considera que, para que ésta, con rigurosidad pueda ser considerada como tal, inexorablemente, además de ser precedera, debe tener propensión de ser nueva, a renovarse en sus formas, a buscar inspiraciones compositivas de nueva creación en su diseño anual. Desde este prisma, no cabe en la *arquitectura efímera* el concepto de reiteración, los grupos seriados o la imagen repetida.

Todo ello, hace de nuestras Puertas de entrada a la más universal de las Ferias, un referente inexcusable a la hora de investigar la *arquitectura efímera en Sevilla*, ciudad cuya profusión y calidad a la hora de erigir monumentos de esta tipología nos lleva a descatalogar estas obras artísticas de su categoría de "arquitectura menor".

Referencias

ARCHIVO, HEMEROTECA Y FOTOTECA Municipal de Sevilla, Área de Cultura y Fiestas Mayores, C/ Almirante Apodaca, 6 41003, Sevilla, arhems@sevilla.org

BONET CORREA, Antonio, 1990, *La arquitectura efímera del Barroco en España*, Madrid.

COLLANTES DE TERÁN, Francisco, 1982, *Crónicas de la Feria (1847-1916) y (1917-1956)*, Biblioteca y Temas Sevillanos, Edita: Servicio de Publicaciones del Ayuntamiento de Sevilla.

GENTIL BALDRICH, José María y YAGUAS ÁLVAREZ DE TOLEDO, Ana, Octubre 2004, *Rito y Fiesta: una aproximación a la arquitectura efímera sevillana*. III Semana de la Arquitectura, FIDAS / COAS de Sevilla.

LLEÓ CAÑAL, Vicente, Octubre 2004, "De la *arquitectura efímera* considerada como una de las Bellas Artes", *Rito y Fiesta: una aproximación a la arquitectura efímera sevillana*. III Semana de la Arquitectura, FIDAS / COAS de Sevilla.

MORALES SANCHEZ, José, 1991, *La Real Fábrica de Tabacos. Arquitectura, territorio y ciudad en la Sevilla del S. XVIII*.

ORTIZ ÁLVAREZ, Federico y ORTIZ GONZÁLEZ, Carmen, 1989, *Portadas de Feria-1954-1989*, Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía y Ayuntamiento de Sevilla.

RICO DELGADO, Fernando, 2009, *Modelo de diagnóstico por imágenes en edificación mediante la aplicación de tecnologías avanzadas*, Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.

ORATORIO NUESTRA SEÑORA DEL MAR EN SALOU (TARRAGONA). ANTONIO BONET CASTELLANA Y JOSEP PUIG TORNÉ (1961)

José Ramón DOMINGO MAGAÑA

Universidad Rovira i Virgili
Unidad Predepartamental de Arquitectura

ABSTRACT

The Oratory dedicated to Nuestra Señora del Mar is one of the elements of the project of Civic Center that Antonio Bonet Castellana and Josep Puig Torné projected in Cala Crancs, in Cabo Salou (Tarragona) in 1961.

The equilateral triangle is the geometric figure that orders the planning and therein, of the whole, the Oratory is the element that stands out more formally. Bonet and Puig use a hyperbolic paraboloid, defined by a warped quadrilateral, to cover the Oratory and solve its support on the ground at the same time. Where really the architects show a domain master in this type of surfaces is in the supports and in the very elegant and subtle way that they get continuity between these supports and the roof.

This project, which finally was not constructed, is a notable example of the use of geometry to solve constructive problems of global and unitary manner.

INTRODUCCIÓN

La obra de Antonio Bonet Castellana ha sido estudiada desde varios ámbitos como el urbanístico, el arquitectónico o el del diseño. Analizando su obra podemos observar, además de éstos, una faceta en Bonet poco analizada hasta el momento como es la vertiente geométrica. Antonio Bonet proyectó numerosos edificios en los que utiliza superficies regladas como generadoras del proyecto y en los que demuestra un dominio de este tipo de superficies.

De todos ellos el Oratorio Nuestra Señora del Mar en Salou (Tarragona) destaca por su simplicidad formal y su elegancia, en el que utiliza como elemento de cubrición una losa de hormigón armado con una geometría basada en el paraboloides hiperbólico.

Este Oratorio es una parte de un proyecto más amplio consistente en una plaza y Centro Cívico.

Para obtener la información necesaria para realizar la investigación se ha consultado la documentación gráfica y memoria de cálculo del proyecto original, depositado en el Archivo Histórico del CoAC (Colegio de Arquitectos de Catalunya).

También se ha entrevistado a Josep Puig Torné, coautor del proyecto, con el que hemos conocido más detalles sobre la génesis del Oratorio.

La documentación que contiene el proyecto no es muy cuantiosa ya que éste se abortó antes de terminarse. Tampoco existen publicaciones sobre este Oratorio, que lo hacen prácticamente inédito. Únicamente aparecen dos imágenes de la maqueta y dos imágenes de dos de los planos del proyecto, publicadas en la Revista *AT Arquitectes de Tarragona* #7 editada por la Demarcación de Tarragona del CoAC, pero a las que no se acompaña ningún texto.

La documentación del proyecto consiste en: Planta general y emplazamiento a E 1/50, Sección transversal y longitudinal a E 1/50, Plano de armado a E 1/50, Plano de encofrado a E 1/50, memoria de cálculo y fotografías de maqueta.

Gracias al detalle y definición que poseen estos planos, tanto a nivel gráfico como a nivel de cotas e indicaciones, se ha podido interpretar la definición geométrica con bastante exactitud.

Además de la información propia correspondiente al proyecto del Oratorio, también existe la información correspondiente al proyecto general de plaza y Centro Cívico. Esta información, consistente en planos generales y documentación escrita, si bien no tiene el detalle que encontramos en el propio proyecto del Oratorio, nos ayuda a tener una visión de conjunto de todo el equipamiento.

El proceso que se ha seguido ha sido, en primer lugar, el redibujado vectorial de los planos siguiendo fielmente el proyecto original, y en segundo lugar el modelado tridimensional del edificio. Para ello ha sido de gran ayuda contar con el asesoramiento de Josep Puig Torné con el que se han podido incorporar elementos que no aparecen definidos con claridad en los planos como la cruz que se eleva por encima del edificio.



OBJETIVOS

El objetivo principal del estudio será intentar comprender los mecanismos utilizados en el diseño del Oratorio y analizar cómo la propia forma resuelve problemas constructivos, de estabilidad y evacuación de aguas pluviales.

Para ello será importante analizar la naturaleza geométrica de cada una de las superficies alabeadas que configuran la forma de la cubierta del Oratorio. Su forma básica consiste en un paraboloide hiperbólico, aunque ésta no es la única superficie alabeada que aparece. Las superficies más interesantes de este proyecto, que permiten una transición suave entre la propia geometría del paraboloide hiperbólico y cada una de las caras de los soportes, se encuentran en los apoyos de la cubierta sobre el suelo.

Otro objetivo de la investigación consiste en dar a conocer este proyecto ya que hasta el momento, quitando las imágenes en la Revista *AT Architectes de Tarragona #7* que hemos comentado en la introducción, no existen publicaciones sobre el mismo.

La presente investigación se enmarca, como un caso de estudio, dentro de una investigación más amplia que configura la tesis doctoral *Antonio Bonet Castellana. Arquitectura y geometría*, que se está desarrollando y en la que se analiza globalmente la obra de Bonet desde el punto de vista geométrico.

CONTENIDO

Antecedentes:

El Oratorio dedicado a Nuestra Señora del Mar es uno de los elementos del proyecto de Centro Cívico que Antonio Bonet Castellana y Josep Puig Torné proyectaron en Cala Crancs, en el Cabo de Salou (Tarragona) en 1961.

En 1960 Antonio Bonet recibe el encargo de redactar el Plan Parcial y el Proyecto de Urbanización de la Urbanización Nuestra Señora de Núria en el Cabo de Salou. Bonet, que en esa época residía en Argentina, contó con la colaboración de Josep Puig Torné y Guillem Boxó en la dirección de las obras de urbanización. Además de la urbanización, la Compañía Urbanizadora Nuestra Señora de Núria encargó a Bonet y a Puig Torné la redacción del proyecto de Centro Cívico en Cala Crancs del que forma parte el Oratorio.

100

Cuando Bonet y Puig Torné se enfrentaron al encargo, el Cabo de Salou era un lugar abrupto y deshabitado, con una cala paradisíaca.

El propio Josep Puig Torné en el acto de apertura de la exposición y presentación del libro *La arquitectura del sol* en 2002, en la sede de Tarragona del CoAC, explicó de una manera muy gráfica el entorno natural en el que intervinieron y que en esa época todavía se encontraba virgen:

"El cabo de Salou era un lugar totalmente salvaje, creo recordar que en la zona de Cala Crancs había una pequeña cabaña de troncos y la cala era un paraíso.

El fuerte impacto paisajístico que se vislumbra desde el faro, la mezcla de suavidad y dureza de las vistas de la cala de la Font, con sus desaparecidas dunas y la áspera peña Tallada, combinados con una visión de una puebla de Sol sobre Salou, con el fondo del Mont Caro y los puertos de Besseit, impresionó a los visitantes. Nuestras incipientes pequeñas obras pasaron desapercibidas delante de la potencia de la naturaleza original.

La dulzura del clima, la luminosidad,... finalmente la costa Dorada original cautivó a los visitantes! [1]"

Proyecto:

En la memoria del proyecto de Centro Cívico Cala Crancs aparece:

"Se parte de la idea base siguiente: Crear junto al actual aparcamiento, y a un nivel inferior a éste, una gran plataforma, lograda con relleno de tierras y muro de contención en la parte junto al aparcamiento y con la construcción de un hotel de unas 100 habitaciones con su garaje y anexo en la zona de máximo desnivel, con lo que se logra el aprovechamiento de un lugar ideal para la industria hotelera, y un ensanchamiento notable de la zona dedicada al peatón en la zona cívica.

Entre el aparcamiento posterior y la explanada cívica se situarán, una zona edificada de planta baja y dos pisos; la parte de planta baja que dé a la plaza estará porticada, y en ella se ubicarán los comercios, restaurantes, etc.

(...)

La parte más importante de este Centro Cívico es la gran explanada en donde se centrará el ambiente de la zona, en ella ocupa lugar primordial la Capilla [2]."

Debido a la considerable pendiente donde se ubica el equipamiento y a la gran superficie horizontal que se genera con la plaza se consigue ubicar bajo ella tanto la zona de aparcamiento como el hotel. Josep Puig Torné explica también la voluntad expresa en la utilización del triángulo como figura que ordena el conjunto, como un eco de la propia forma triangular de la cala donde está ubicado el proyecto.

El Oratorio es un elemento que dentro del conjunto ocupa un lugar privilegiado, y al que Bonet y Puig Torné deciden otorgarle una geometría singular que destaca en su entorno.

Los elementos del Centro Cívico, descritos en la memoria del proyecto, son:

- 1-Plaza
- 2-Garaje bajo la plaza
- 3-Edificio comercial
- 4-Oratorio dedicado a Nuestra Señora del Mar
- 5-Hotel
- 6-Bar boite-snack y establecimientos de baños (Chiringuito)

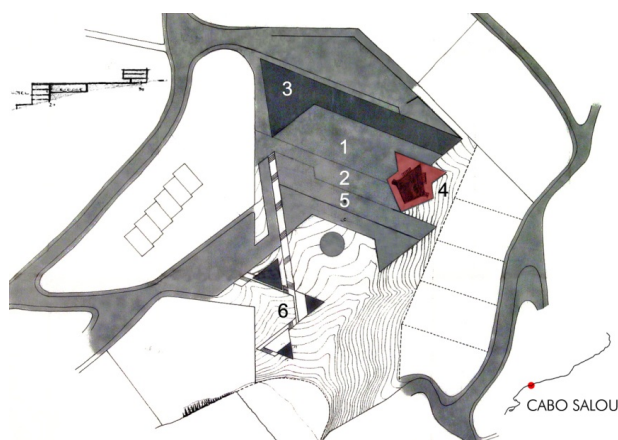


Fig 1. Plano del proyecto de Ordenación General "Centro Cívico Cala Crancs". 1961. Archivo Histórico del CoAC.

Según explica Puig Torné, hay dos ideas básicas que pueden explicar la concepción del proyecto del Oratorio:

La primera idea hace referencia al contacto del edificio con el terreno. Bonet y Puig Torné utilizan muros de piedra seca, inspirados en los bancales agrícolas a modo de basamento para delimitar el espacio del Oratorio. Esta idea es recurrente en muchos de los proyectos que realizaron en esta zona y en los que utilizaron el muro de piedra. Los edificios quedan enraizados simbólicamente al terreno mediante estos muros y se integran en un entorno en el que el bancale agrícola constituye una preexistencia con una presencia importante.

La segunda idea hace referencia a la cubierta. Se busca un elemento, visualmente ligero, un elemento superpuesto que lo percibamos casi flotando. Esta independencia de la cubierta respecto del resto del edificio hace plantear a Bonet y a Puig Torné un elemento de cubrición con una geometría singular.

El propio Puig Torné explica esta idea con el símil de cubrir el edificio con un elemento a modo de tienda de campaña.

Esta idea la volverán a utilizar en proyectos como la marquesina de acceso al complejo turístico en Playa de Aro, Gerona (1963) basada en la geometría del paraboloide hiperbólico, o la cubierta del Canódromo Meridiana de Barcelona (1960-1962) en que la cubierta es una superficie reglada tipo cilindroide, entre otros.

Existen croquis iniciales a lápiz del Oratorio, realizados por el propio Antonio Bonet, en que ya se vislumbran los rasgos generales del proyecto y su cubierta.



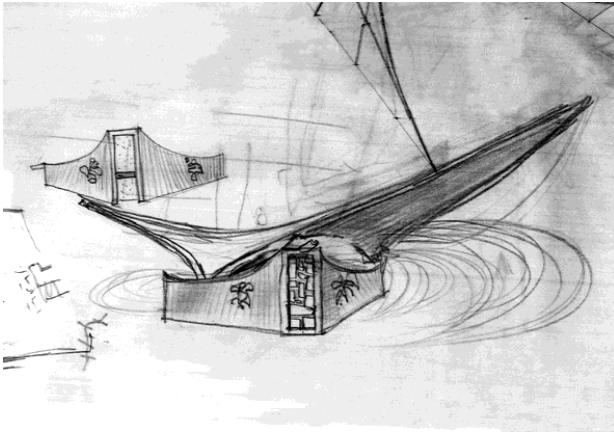


Fig 2. Croquis previo del proyecto para el Oratorio Nuestra Señora del Mar. 1961. Archivo Histórico del CoAC.

102

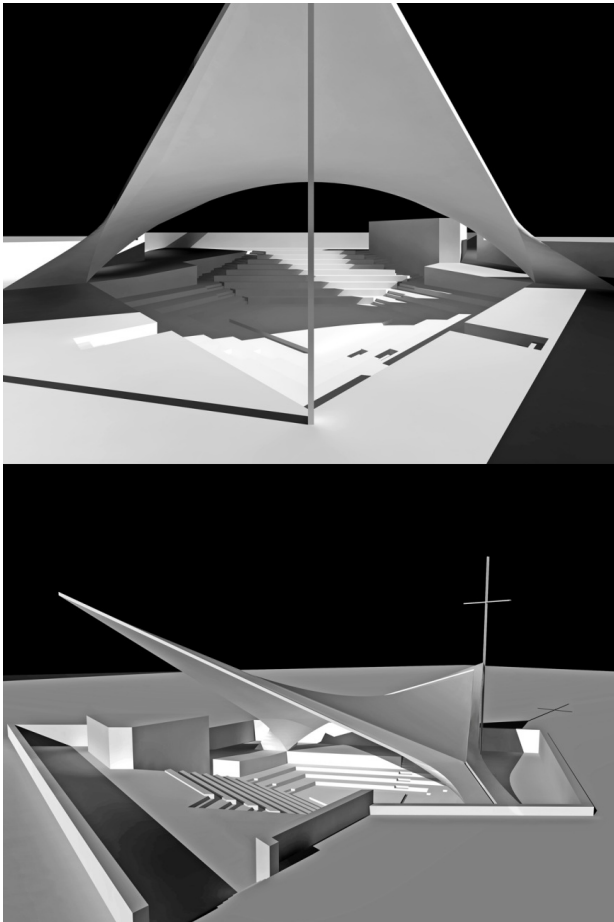


Fig 3. Modelado virtual del Oratorio construido a partir de la información del proyecto original. 2011. Imagen del autor.

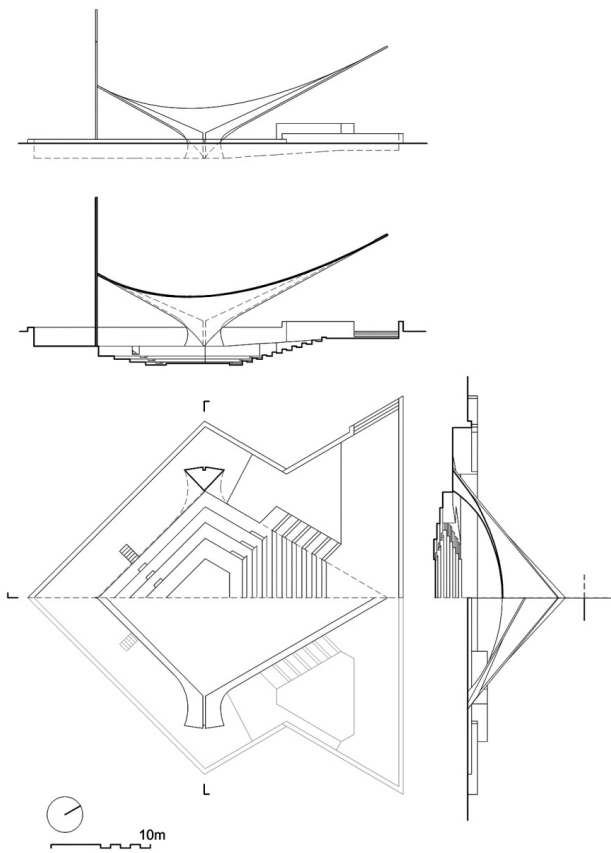


Fig 4. Planta, alzados y secciones del Oratorio dibujados a partir de la información del proyecto original. 2011. Dibujo del autor.

El Oratorio se concibe como un espacio exterior cubierto, situado en la gran explanada que configura la Plaza Cívica. Desde este lugar se tienen unas vistas privilegiadas sobre el mar.

La planta del Oratorio se plantea en forma de cuadrilátero con un eje de simetría longitudinal y en ella se ubican unos bancos de piedra colocados sobre gradas. Éstas envuelven el espacio del altar situado en el centro y a una cota inferior. Todo el espacio del altar y gradas se coloca deprimido respecto la cota exterior del Oratorio correspondiente a la plaza.

La decisión de utilizar el paraboloides hiperbólico para cubrir el Oratorio permite resolver con la misma geometría la propia superficie de cubrición y al mismo tiempo su apoyo sobre el suelo. Precisamente la proyección de la cubierta coincide con el cuadrilátero que define el ámbito de las gradas.

En los planos del proyecto original aparece de manera precisa la geometría del paraboloides, definido a partir de un cuadrilátero alabeado.

La utilización de esta geometría alabeada permite conseguir espesores de hormigón armado muy pequeños gracias a la inercia que se obtiene por la propia forma. En este Oratorio la losa de cubierta tiene un espesor variable que va de los 7 cm a los 10 cm. Son espesores realmente pequeños si pensamos que la luz entre sus dos soportes es de 21,60 metros y la distancia longitudinal de la cubierta es de 29,30 metros. Este espesor se incrementa hasta los 15cm en el perímetro del paraboloides con una biga de borde que da rigidez a la losa.

Además, el hecho de tratarse de una superficie reglada facilita el encofrado que se puede realizar mediante tabloncillos rectos.

La estabilidad estructural de la cubierta por cargas gravitatorias estaba resuelta mediante los empotramientos de sus dos soportes en el terreno. Además de ello, según explica Puig Torné, estaba prevista la colocación de



una cruz vertical tangente a la cubierta en su vértice anterior, realizada con un perfil laminado tipo IPN. La colocación de esta cruz, además de su motivación simbólica, colaboraría estructuralmente como un tirante, ayudando a absorber el momento provocado por la carga de viento [3].

Análisis geométrico de la cubierta del Oratorio:

Desde el punto de vista geométrico, como ya hemos dicho, la cubierta del Oratorio se genera a partir de un paraboloides hiperbólico definido a partir de un cuadrilátero alabeado.

Donde realmente está la complejidad geométrica es en la transición del paraboloides a los soportes y en la manera en que Bonet y Puig Torné consiguen una continuidad entre dichos soportes y la cubierta. Esa continuidad en las superficies y la percepción del canto de la losa con sus 15 cm de espesor en su perímetro dan al conjunto una elegancia verdaderamente notable.

Si analizamos en detalle las superficies que forman parte de esta estructura podemos observar elementos distintos:

En primer lugar tenemos la geometría básica formada por los dos paraboloides hiperbólicos, el correspondiente a la cara superior y el de la cara inferior de la losa. (Fig 6 - elementos color verde).

El paraboloides de la cara inferior, si siguiera su geometría hasta el suelo, nos daría un punto de contacto con el terreno más alejado del centro del que tiene finalmente (Fig 5). En una determinada posición de este paraboloides inferior, la superficie se deforma creando otra superficie definida por el contacto con el paraboloides y dos curvas que salen tangentes de las generatrices rectas perimetrales del paraboloides, y que van a buscar el vértice interior de los soportes (Fig 6 - elementos rojos).

A la base del soporte, con su forma de cuadrilátero, no llegan directamente ninguna de las generatrices rectas de ninguno de los dos paraboloides.

Estas cuatro generatrices, dos de cada uno de los dos paraboloides, se curvan para llegar a los vértices interiores de la base del soporte. Y estas cuatro curvas en el espacio, dos a dos, generan dos superficies regladas en cada soporte que son realmente una solución notablemente elegante.

Estas superficies (Fig 6 - elementos lilas) pasan de ser el canto de la losa en la parte superior para transformarse de una manera continua en unas de las superficies que delimitan las caras del soporte.

Si ahora nos fijamos en la parte superior de la estructura, podemos ver que, de una manera muy hábil, se aprovecha el recreído perimetral del paraboloides que da rigidez a la estructura, para utilizarlo también como canalización del agua de lluvia.

Es en este recreído de la losa, con un espesor total en el extremo de 15 cm, donde se aprovecha también para crear una transición suave hacia los soportes. De esta manera se generan otras superficies regladas (Fig 6 - elementos amarillos) definidas entre la generatriz extrema del paraboloides superior (que antes de llegar a la base del soporte se curva) y dos rectas una de las cuales es paralela a una generatriz del mismo paraboloides y la otra recta va a buscar la base del soporte.

Estas superficies regladas dejan entre ellas una hendidura que funciona como canalización para evacuar las aguas de la cubierta y desviarlas por los soportes.

Exceptuando el paraboloides hiperbólico, el resto de superficies regladas que configuran el conjunto de la cubierta son superficies genéricas difícilmente clasificables por tratarse de regladas en que la ley de generación consiste en apoyar rectas sobre unas directrices que no son uniformes, sino definidas por tramos, y por que la ley que define la sucesión de rectas no queda explícita en el proyecto. Aún así, por la manera en que se consigue la continuidad entre la cubierta y los soportes hacen de ellas unas superficies muy interesantes.

Es muy posible que Antonio Bonet, a la hora de diseñar este tipo de estructuras, tuviera la influencia de arquitectos como Félix Candela, Eladio Dieste, Oscar Niemeyer u Horacio Baliero, con alguno de los cuales llegó a colaborar puntualmente durante sus años de residencia en Argentina y Uruguay [4].

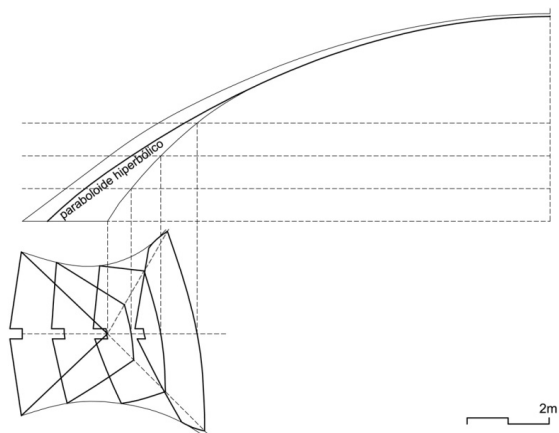


Fig 5. Esquema geométrico. Sección transversal del paraboloides y su encuentro con el soporte. 2011. Dibujo del autor.

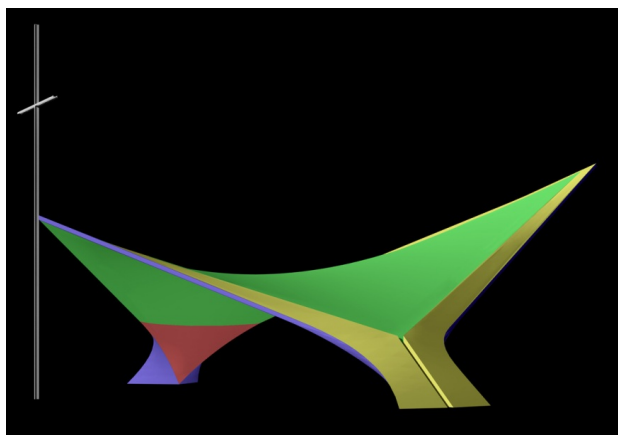


Fig 6. Identificación de superficies de la cubierta del Oratorio en función de su naturaleza geométrica. 2011. Dibujo del autor.

CONCLUSIONES

Analizando el diseño de la cubierta de este Oratorio se puede concluir que la geometría tiene un papel fundamental en la concepción espacial y estructural del mismo. La propia forma de paraboloides hiperbólico resuelve por un lado la cubrición del espacio, la posición y número de soportes y la posibilidad de utilizar un espesor de hormigón pequeño gracias a la propia inercia de la forma alabeada. La geometría de la cubierta resuelve además la evacuación de las aguas, que se conducen aprovechando el recrecio perimetral de la losa que estructuralmente funciona como una biga de borde. Este recrecio perimetral conduce el agua de lluvia hacia los soportes en los que, mediante una hendidura en ellos, se canaliza hacia su recogida en la base de los mismos.

Hay que destacar también el papel fundamental de la geometría en el diseño de las superficies de transición entre la cubierta y sus soportes. Estas superficies regladas confieren continuidad y unidad en el conjunto de la cubierta.

Finalmente, concluir que el hecho de tratarse de un proyecto no construido, y del que no existe prácticamente información publicada, hace de él una obra inédita.

Con la presente comunicación, además del propio análisis del proyecto, se pretende dar a conocer este Oratorio de Antonio Bonet Castellana y Josep Puig Torné.



Notas

- [1] Fragmento del discurso de Josep Puig Torné para la obertura de la exposición "Arquitectura del Sol" y presentación del libro, el 5 de diciembre de 2002, en la sede del Colegio de Arquitectos de Cataluña en Tarragona. Publicado en la Revista AT Arquitectes de Tarragona #3, p. 2-3, 2003, Tarragona. Traducción del catalán por José R. Domingo.
- [2] Fragmento de la memoria del Proyecto de Centro Cívico Cala Crancs. Barcelona, diciembre de 1961.
- [3] Entrevista a Josep Puig Torné, el 16 de abril de 2012 en su despacho de Barcelona, realizada por Juan F. Rodenas, Jofre Roca y José R. Domingo.
- [4] En el libro: Álvarez Prozorovich, F. et al, 1996, *Antoni Bonet Castellana :1913-1989*, Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, Barcelona, p. 13, aparece: "...invita [Bonet] a trabajar en la solución de la bóveda de la casa Berlingieri al joven ingeniero Eladio Dieste, quien inicia sus experiencias sobre la técnica de la cerámica armada."

Referencias bibliográficas

- Álvarez Prozorovich, F. et al, 1996, *Antoni Bonet Castellana :1913-1989*, Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, Barcelona
- Álvarez Prozorovich, F.; Roig, J, 1999, *Antonio Bonet Castellana*, Santa & Cole Ediciones de Diseño S.A., Barcelona
- Bohigas, O.; Cirici Pellicer, A., 1960, *Catálogo exposición Antonio Bonet*, Museu d'Art Modern de Barcelona, Barcelona
- Domingo Magaña, J., 2011, *Antonio Bonet Castellana. Arquitectura y geometría*, Lectura y defensa de proyecto de tesis, Barcelona
- Katzenstein, E.; Natanson, G.; Schwartzman, H., 1985, *Antonio Bonet, Arquitectura y Urbanismo en el Río de la Plata y España*, Espacio Editora, Buenos Aires
- Ortiz, F.; Baldellou, M., 1978, *La Obra de Antonio Bonet*, Summa, Buenos Aires
- Rodenas García, J. F.; Pla, E., 2005, *Antonio Bonet. Poblat Hifrensa*, Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, Barcelona

ANÁLISIS TIPOLOGICO DEL PROGRAMA CASE STUDY

Daniel ESGUEVILLAS CUESTA

Universidad Francisco de Vitoria
Escuela Politécnica Superior

RESUMEN

La investigación gráfica juega un importante papel en el estudio de la historia y los proyectos de arquitectura. Aunque el progreso de las técnicas de representación informática ha puesto quizás en duda el interés de la expresión gráfica en su sentido más clásico, mi experiencia en la investigación sobre la vivienda moderna me permitiría afirmar que el valor de la representación arquitectónica no sólo no desaparece con la tecnología, sino que además se pone de relieve. El ordenador posibilita una mayor rapidez en la elaboración y reproducción de trazados reguladores, así como facilita el análisis de formas y figuras geométricas. Se trata de estudios necesarios para poder establecer premisas sobre proyectos arquitectónicos realizados, ideados o desaparecidos, que a su vez se sustentan en la documentación gráfica existente sobre dichos proyectos.

Durante mi investigación doctoral sobre la casa americana de posguerra, ha sido necesario comparar los diferentes proyectos del programa Case Study para su agrupación en modelos y series residenciales que configurasen un hipotético catálogo tipológico. Las Case Study Houses son una colección de 36 proyectos de casa unifamiliar suburbana, de los que sólo se construyen 26. El programa surge en Los Ángeles, California, a iniciativa del editor de la revista local 'Arts & Architecture', John Entenza, como un modo de favorecer la vivienda moderna y el empleo de nuevos materiales y tecnologías procedentes de los avances industriales generados por la Segunda Guerra Mundial. El programa se inicia en 1945 y tiene una duración de más de veinte años, debido a su correcta adaptación a la consolidación del 'California living', un modo hedonista y desenfadado de habitar en contacto con la naturaleza y los espacios libres.

Para poder extraer conclusiones sobre las características comunes o los rasgos diferenciadores de las viviendas, se ha procedido a realizar una representación esquemática, pero escalada, de las plantas de las Case Study Houses, que ha permitido obtener una serie de análisis gráficos basados en la comparación de los diferentes proyectos. La exploración contrastada se apoya en el valor de los trazados gráficos para establecer hipótesis analíticas compositivas, proporcionales y sintéticas. Esta comunicación presenta el modelo de representación gráfico establecido para las viviendas, así como los cuatro análisis tipológicos realizados: el catálogo de los espacios, que evalúa su disposición y superficie; el catálogo de los usos, que analiza su interrelación y proporciones; el catálogo de los espacios exteriores, que los clasifica en función de su privacidad y tipo, y el catálogo de las tipologías, que las agrupa en función de su planta y sistema constructivo.

PALABRAS CLAVE

Vivienda, Tipología, Case Study Houses, Planta, Análisis, Espacios

ABSTRACT

Graphic research plays an important role in the study of architectural history and projects. Although the progress of informatic representation might have questioned the interest of graphic expression in its classical way, my experience with research on modern housing would let me state that the value of architectural representation gets actually underlined with technology. Along my doctoral research on postwar American housing, it was necessary to compare the different projects of the Case Study program for its grouping into residential models and series that would form a hypothetical typological catalog. To draw the conclusions on the projects' characteristics, it was performed a schematic but scaled representation of the plans of the Case Study Houses, from which there were obtained some graphical analysis based into the comparison of the different projects. These analyses make possible formal decompositions of architectural objects in an efficient, practical and instinctive manner.

KEY WORDS

Housing, Typology, Case Study Houses, Plan, Analysis, Spaces



INTRODUCCIÓN

En enero de 1945, seis meses antes del final de la Segunda Guerra Mundial, la revista californiana 'Arts & Architecture' lanza el programa de vivienda Case Study, una idea del mecenas y editor de la publicación, John Entenza, para fomentar el proyecto y la construcción de prototipos modernos. El programa está basado en los sistemas constructivos del momento y en el compromiso de experimentar con formas y materiales, nuevos y viejos. La revista actúa como intermediario entre el arquitecto, el cliente y los productores industriales; tal que, al principio, publica una primera versión de croquis de cada proyecto para buscar potenciales clientes que negocien con el arquitecto la versión final y la ubicación de la vivienda. La financiación se busca de manera conjunta con la revista, que tiene acuerdos con los productores industriales para fomentar nuevas técnicas y materiales de construcción. Tras la ejecución de la casa, se publica un amplio reportaje fotográfico y se abre la vivienda al público durante un corto periodo de tiempo. El programa tiene un gran éxito y las primeras seis casas, completadas entre 1946 y 1947, son visitadas por más de trescientas mil personas (McCoy 1962, p.10).

Las Case Study Houses constituyen una heterogénea colección de vivienda suburbana de posguerra, formada por 36 proyectos de los que aproximadamente un tercio nunca llega a construirse. La inmensa mayoría de las propuestas corresponde a casas unifamiliares localizadas en parcelas con amplios espacios ajardinados, aunque en los últimos años del programa se intenta aplicar el proceso a la vivienda colectiva, primero con el proyecto de agrupaciones de casas unifamiliares y después con el diseño de apartamentos. En el programa se pueden distinguir tres etapas cronológicas: la primera abarca la inmediata posguerra y coincide parcialmente con un periodo de restricciones edificatorias ligadas al conflicto bélico; la segunda recorre toda la década de los conformistas años cincuenta y representa la exitosa consolidación de la casa californiana; y la tercera marca el declive de la modernidad y del programa, que finaliza en 1966.

Los modelos de la primera serie de este hipotético catálogo, la más numerosa, atraviesan complicados procesos desde la propuesta preliminar hasta su construcción. La utilización de los nuevos materiales y técnicas desarrollados por la industria militar conduce a la elección del acero como el sistema constructivo representativo del nuevo estilo de vida buscado, aunque coexiste con la revisión de la construcción tradicional de madera con el sistema 'post and beam'. La pluralidad inicial da paso a una segunda serie mucho más homogénea, marcada por la asunción del pabellón metálico, que culmina con elaborados modelos en los que se reelabora el abstracto espacio de las vanguardias europeas para contextualizarlo al modo de vida local. El catálogo finaliza con una tercera serie que regresa al primitivo pluralismo de morfologías y sistemas constructivos, donde se ensayan nuevas ideas para responder a la vuelta al clasicismo y a la representatividad demandada por el consumidor de los sesenta.

OBJETIVOS

La investigación comprende los siguientes objetivos:

1. El establecimiento de un sistema esquemático de representación de las plantas de las Case Study Houses que atienda a criterios espaciales y funcionales.
2. La obtención de un catálogo tipológico que permita comparar y agrupar las viviendas en función de sus espacios, su programa y su sistema constructivo.
3. La determinación de las características esenciales que definen cada serie residencial del programa Case Study.

METODOLOGÍA

En la investigación se ha partido de un método heurístico interpretativo que se basa en el estudio de todos los proyectos del programa Case Study, objeto del trabajo, analizados desde una posición crítica. Se han ensayado diferentes modos de representación de las plantas de las viviendas, en búsqueda de un código claro y sencillo que permita entender la interrelación interior-exterior que significa la vivienda californiana. Asimismo, se han efectuado diferentes análisis tipológicos planteados a partir de la ordenación cronológica de todas las plantas a la misma escala. Finalmente, se ha procedido a estudiar el material desde su contexto histórico y cultural para extraer conclusiones sobre la vivienda californiana.

I. EL MODELO DE REPRESENTACIÓN GRÁFICA

Para poder acometer el análisis tipológico del programa Case Study, es necesario determinar en un primer momento el modelo de representación gráfica que permite homogeneizar la disposición de las plantas de todos los proyectos, independientemente de su tamaño, proporciones, localización o características. A este

efecto, se decide abstraer las viviendas de los límites de sus parcelas, por lo general amplias, y limitarse al tratamiento de los espacios libres circundantes a la edificación. Todas las plantas originales de las viviendas se escanean de las páginas de la revista 'Arts & Architecture' y posteriormente se escalan y orientan a partir de las indicaciones del texto que las acompaña. Para posibilitar la impresión a diferentes escalas, el sistema de representación gráfico incide en la claridad y en la sencillez con el empleo de dos tipos de línea para indicar respectivamente proyección y sección, así como un tercer tipo a trazos que representa la extensión de la cubierta. La sección del cerramiento indica los huecos mediante el empleo de la doble línea, mientras que líneas de apoyo señalan el mobiliario de obra, una característica reseñable de los proyectos, y la disposición básica de cocinas y baños.

Todas las estancias de las casas se nombran a partir de un sistema elemental de signos, donde 'D' corresponde a dormitorio, 'B' a baño, 'V' a vestíbulo, 'S' a salón, 'C' a comedor, 'E' a estudio, 'K' a cocina, 'A' a almacén, 'I' a instalaciones, 'G' a garaje, 'R' a porche, 'P' a patio, y 'T' a terraza. Los porches o 'verandas' constituyen espacios de transición entre el interior y el exterior de la vivienda, amueblados y utilizados como sala de estar (Fig. 1). Un triángulo negro indica el punto de acceso a la casa, cuya planta se dispone con el norte situado generalmente en la parte superior del papel. Se ha omitido la información sobre las vistas principales obtenidas desde las viviendas, dado que la mayor parte de los proyectos se sitúan sobre aterrazamientos en la ladera de las montañas de Santa Mónica, que ofrecen impresionantes visiones del océano y de la región urbana de Los Ángeles en múltiples direcciones, aunque suele ser la terraza principal del salón la que determina la orientación de la casa.

Finalmente, se resalta la especial atención prestada al tratamiento de los espacios exteriores que complementan algunas de las estancias interiores de las viviendas, sombreando con una tonalidad grisácea aquellos que están pavimentados, independientemente de su tratamiento, y señalando con una sombra azulada las zonas de agua. La incorporación de este último elemento, al principio en forma de piscinas y posteriormente de láminas de agua (Fig. 2), no se produce hasta 1955, pero acaba volviéndose imprescindible en el diseño de los prototipos y está inevitablemente unido al desenfadado modo de vida californiano. El modelo de representación gráfica permite contrastar rápidamente la importancia que poseen en la configuración de las Case Study Houses los espacios exteriores, perfectamente integrados en la estrategia proyectual y en la domesticidad de los proyectos.

II. EL CATÁLOGO TIPOLOGICO

La elaboración del catálogo tipológico se basa en la ordenación cronológica de los proyectos y su agrupación en las tres series apuntadas anteriormente. La nomenclatura se refiere a la numeración empleada por la revista 'Arts & Architecture' y el asterisco distingue el modelo posterior cuando dos viviendas reciben la misma numeración en la publicación, lo que ocurre en varias ocasiones por motivos desconocidos. Junto a la denominación de cada casa se indica su fecha de construcción o proyecto (cuando va entre paréntesis), en función de su situación final. Las diferencias de tamaño o proporciones obligan a utilizar un módulo doble en tres casos: la casa Eames, debido a su alargada configuración y a sus dos niveles, algo extraordinario en un programa donde casi todas las viviendas son de una planta; y la CSH>17 de Craig Ellwood y la CSH>28 del estudio de Conrad Buff III, por su amplia superficie.

Este análisis tipológico está encaminado a definir las características que permitirían establecer un hipotético tipo representativo de las Case Study Houses, mediante la exploración comparativa de las plantas de todas las viviendas unifamiliares del programa. La aproximación tipológica se efectúa desde cuatro puntos de vista: el estudio de las superficies correspondientes a los diferentes espacios, la exploración de la zonificación resultante de los distintos usos, el análisis de los diversos tipos de espacios exteriores y su interacción con los interiores, y una posible clasificación tipológica teniendo en cuenta la morfología de la planta, además del sistema constructivo y estructural empleado.

El primero de los análisis (Fig. 3) revela la importancia que tienen los espacios exteriores en la composición de las Case Study Houses, dada su variedad morfológica y su cuidado tratamiento. En la mayoría de las viviendas estos espacios representan al menos un tercio de la superficie total, y en una de cada cuatro superan en metros cuadrados a los espacios interiores. El garaje se ha excluido de la superficie de la vivienda debido a que los arquitectos del programa lo proyectaban como 'carport', un espacio de transición entre el interior y el exterior, cubierto pero no cerrado.

El agua es un elemento que sólo se incorpora a la configuración espacial de las Case Study Houses cuando el país supera el conflicto de Corea y la posguerra comienza a evolucionar hacia una etapa de menor austeridad y mayores comodidades. Aunque en los primeros diseños (CSH>17* a CHS>20*) la introducción del agua se limita a una piscina integrada en una de las terrazas de la vivienda, en las propuestas posteriores se convierte en un elemento determinante en la composición del proyecto y en la relación de la edificación con el entorno, como se aprecia en las casas de Pierre Koenig (CSH>21* y CHS>22*) o del estudio de Edward Killingsworth (CSH>23, CSH>25, CSH>26 y CSH>28).



La mayoría de las Case Study Houses tiene una superficie construida que oscila entre los 150 y los 210 metros cuadrados, sumada a una extensión de espacios exteriores comprendida entre los 100 y los 150 metros cuadrados, con lo que la superficie total de la vivienda suele rondar los 300 metros cuadrados. Probablemente, esta dimensión, unida a su localización en distinguidos barrios de Los Ángeles como Beverly Hills o Bel Air, las excluye del alcance de la clase media hacia la que iban originalmente dirigidas. Aunque las primeras viviendas se aproximan más al objetivo de utópico prototipo económico, las últimas poseen características propias del segmento de la casa de lujo. El catálogo refleja un progresivo aumento de tamaño sin perder una cierta unidad de proporciones.

Los usos de las viviendas se muestran en un segundo análisis (Fig. 4), del que se desprende que, con un programa que normalmente comprende dos o tres dormitorios y dos baños, no parece que las Case Study Houses estuviesen pensadas para grandes familias, a pesar de su amplia superficie. Según la revista 'Arts & Architecture', los clientes hipotéticos son parejas de profesionales liberales con uno o dos hijos, que a veces trabajan en casa y ocasionalmente hospedan visitas, por lo que en muchos de los proyectos aparece un estudio que puede servir como dormitorio de invitados, habitualmente apartado de los otros dormitorios. Salvo las modelos con números 8, 21 y 25, que poseen dos alturas, el resto de las Case Study Houses se organiza en un solo nivel.

En general, los espacios sociales tienen una gran importancia y extensión: están situados en el centro de la composición y separan el área de descanso del de servicio. Este último se suele agrupar en un único núcleo técnico por motivos funcionales, lo que permite en muchos casos que la cocina esté localizada en proximidad del garaje. Un tercio de las viviendas presenta un 'lanai': un espacio de transición entre el interior y el exterior, asimilable a un porche habitado y formado por una 'veranda' o galería cubierta, amueblada y utilizada como cuarto de estar. Este tipo de estancia aparece en los proyectos influenciados por el estilo regional Bay Area, propio del área de San Francisco, como los de William Wurster (CSH>03), Whitney Smith (CSH>05) o el estudio de Killingsworth.

Es importante destacar que prácticamente la mitad de las Case Study Houses carece de espacios de comunicación significativos, como corredores o vestíbulos. Por una parte, esto se debe a que la mayoría de los proyectos están organizados siguiendo una planta compacta que optimiza la superficie de la vivienda; y por otra, a que los arquitectos del programa no creen necesaria la función representativa del vestíbulo dentro del nuevo estilo de vida informal asociado con el sur de California.

Dada su importancia, en tercer lugar se han analizado los espacios exteriores (Fig. 5) atendiendo a su carácter público o privado, como extensión respectivamente de los espacios sociales y de los espacios de descanso o servicio, de lo que resulta que la mayoría de las casas posee ambos tipos de espacio exterior, aunque en mayor proporción el público. La interacción entre las viviendas y estos espacios de terraza, jardín o patio se ve reforzada por el amplio voladizo perimetral que presentan las cubiertas, normalmente superior a un metro, que prolonga las estancias interiores hacia el entorno y desdibuja el volumen de la edificación.

Existen numerosos puntos de paso entre el interior y el exterior de las Case Study Houses, lo que prueba la gran permeabilidad del perímetro de las viviendas. Los espacios exteriores poseen un carácter complementario de las estancias y se incorporan mediante estos pasos a las circulaciones de la casa, lo que posibilita un gran número de recorridos que relacionan las viviendas con el entorno donde se emplazan. Esta intercomunicación constituye uno de los principales rasgos de unos modelos adaptados al hábitat del sur de California, cuyo benigno clima posibilita el desarrollo al aire libre de muchas de las actividades domésticas.

Por último, se ha efectuado una aproximación a la posible tipología de las Case Study Houses (Fig. 6) considerando la forma de su planta y su solución constructiva y estructural. En términos generales, estas dos variables nos permiten deducir que la mayoría de las viviendas presenta una planta compacta y un sistema constructivo de madera, ya sea formado por una estructura tradicional o por una de tipo 'post and beam', basada en el uso de pilares y vigas. Esto no impide que los modelos más conocidos sean de vidrio y acero, una estética con la que se relaciona al programa, ni que en los últimos proyectos se ensayen sistemas prefabricados cerámicos o de hormigón armado.

A este respecto, existen notables diferencias entre las etapas del programa. En el primer periodo, correspondiente a la inmediata posguerra, predomina el tipo de planta compacta con una estructura convencional de madera, aunque existen algunos ejemplos de construcción en acero (las casas Eames – CSH>08 y Entenza – CSH>09), de casa patio (los tres proyectos no construidos de Richard Neutra: CSH>06, CSH>12 y CSH>13), y de planta disgregada en diferentes volúmenes (las viviendas influenciadas por el estilo regional Bay Area, como la CSH>03, la CSH>05 o la CSH>27). Durante los años cincuenta, el pabellón industrializado de acero y vidrio constituye el tipo mayoritario, cuya organización normalmente responde a una planta compacta, aunque la casa que culmina en cierta manera los desarrollos del programa, la número 22 de Koenig, se ordena en torno a un patio. La última fase de las Case Study Houses está marcada por una mayor variedad de tipos de planta y sistemas constructivos, que combina una presencia de disposiciones compactas

o alrededor de patios con el empleo de nuevos sistemas estructurales. Sin embargo, se puede establecer un tipo característico, que responde a la casa patio y al sistema constructivo de tipo 'post and beam', lo que la historiadora Esther McCoy (1962) califica como Estilo Pasadena.

A partir de estos cuatro análisis tipológicos se obtienen tres tipos diferenciados que se corresponden respectivamente con las etapas del programa Case Study: las primeras viviendas se caracterizan por su planta compacta y el uso de materiales industriales sobre una estructura convencional de madera, mientras que las casas de los años cincuenta responden a la aplicación de estructuras metálicas para la construcción de pabellones industrializados de vidrio y acero, y los últimos proyectos se identifican con una mayor variedad morfológica y constructiva dentro de la que destaca el empleo de un sistema constructivo de madera de tipo 'post and beam'.

CONCLUSIONES

Los diagramas de estas cuatro aproximaciones al catálogo tipológico sirven de base a una parte importante de la investigación efectuada sobre el programa Case Study entendido como una colección de modelos y series de vivienda. El resultado de la investigación ha puesto de manifiesto la importancia que tienen los espacios libres en el programa de las Case Study Houses, la relevancia del estar como núcleo residencial, la complejidad e interconexión de los espacios libres, y la heterogeneidad estructural y morfológica de los proyectos. Una vez obtenidas las principales características del programa Case Study, se puede clarificar su evolución y adaptación continua a las necesidades cambiantes del contexto. Al interés inicial por la aplicación de materiales industriales sobre una planta eficiente que responde a un modo de vida informal y flexible, se suma en un segundo momento la voluntad de adecuar esta morfología a un sistema tecnológico innovador, para finalmente buscar respuestas al agotamiento de la arquitectura moderna que subyace en el lanzamiento de la iniciativa. Asimismo, las propiedades comunes a estos tipos habitacionales son las que permiten definir la tipología representativa de las Case Study Houses y consolidar las conclusiones de la investigación. De esto último se desprende el papel fundamental que, a mi juicio, conserva la expresión gráfica para el análisis e interpretación de la producción arquitectónica, como forma natural de estudio de una disciplina visual, material y plástica, cuyas características (forma, estructura y construcción) se comprenden gráficamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Buisson, E & Billard, T 2004, *The Presence of the Case Study Houses*, Birkhäuser, Basilea.

Entenza, J (ed) 1945-1963, *Arts & Architecture*, desde vol. 62, nº 1, hasta vol. 80, nº 2.

Esguevillas, D 2010, 'Modelos y series en la casa americana de posguerra', Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.

Mccoy, E 1962, *Modern California Houses*, Reinhold, Nueva York.

Smith, E (ed) 1998, *Blueprints for Modern Living: History and Legacy of the Case Study Houses*, The MIT Press, Cambridge, Ma.



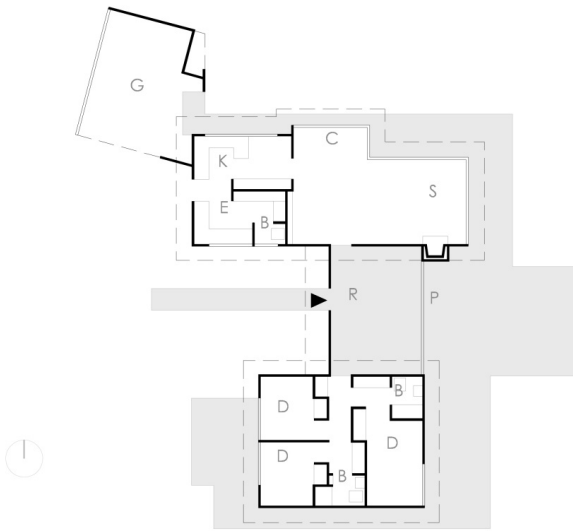


Fig 1. Planta de la CSH>03 de WURSTER & BERNARDI (1945-1949). 2010. Esguevillas, p. 216.

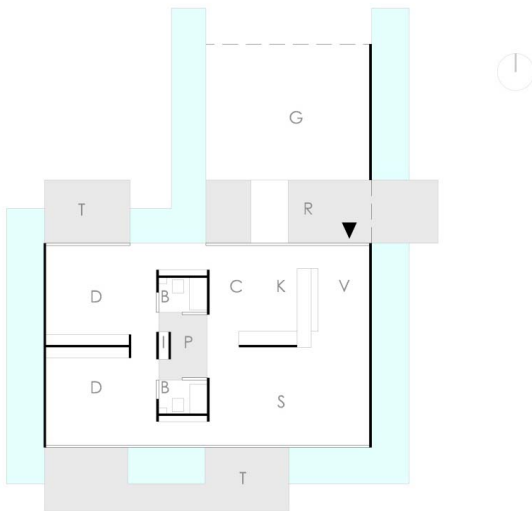


Fig 2. Planta de la CSH>21' de PIERRE KOENIG (1958-1959). 2010. Esguevillas, p. 226.



Fig 3. Catálogo de los espacios. 2010. Esguevillas, p. 201.

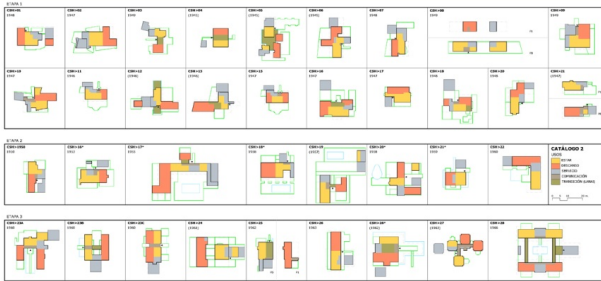


Fig 4. Catálogo de los usos. 2010. Esguevillas, p. 202.

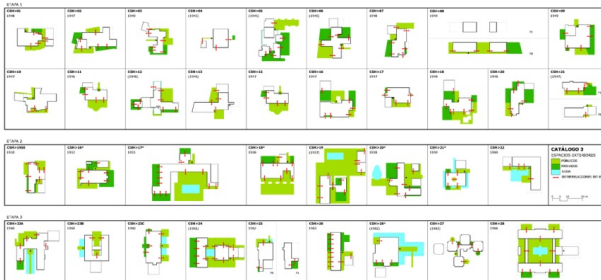
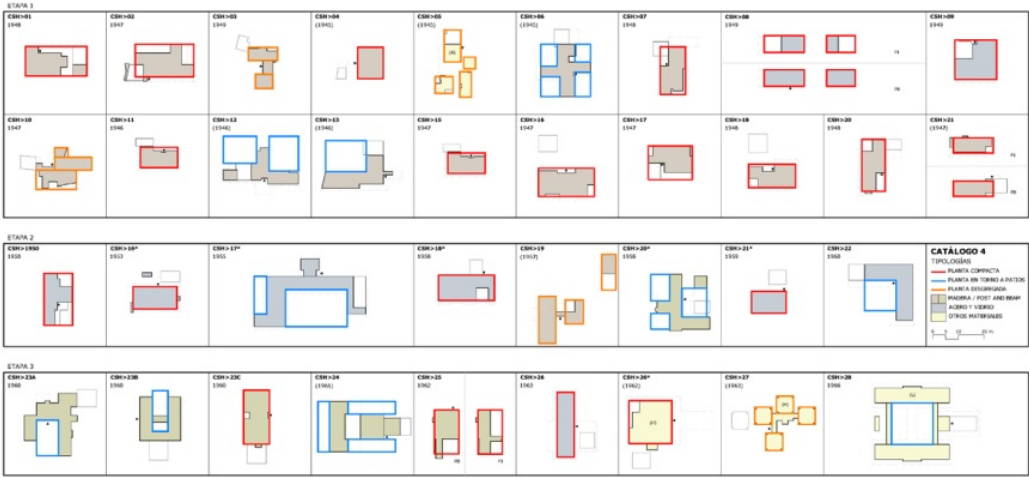


Fig 5. Catálogo de los espacios exteriores. 2010. Esguevillas, p. 203.





INVESTIGACION, LEVANTAMIENTO Y CATALOGACION DEL LOS VIAJES DE AGUA HISTORICOS DE ALCALA DE HENARES

Enrique José FERNANDEZ TAPIA
Irene de BUSTAMANTE GUTIERREZ
Fernando da CASA MARTÍN

Universidad de Alcalá
Departamento de Arquitectura
Departamento de Geología

Resumen

Under the ground of Alcalá de Henares lies a hidden and unknown heritage. It has been for centuries one of the main foundations in the life and historical development of the city. A several kilometer network of qanawat or drainage galleries, built through centuries has constituted the main water supply system in the city, from its foundation until well into the 20th century. Taking, as start point, the research of historical sources, and through a studied combination of speleological procedures and the most modern topographic and georeferencing techniques, are expected to achieve the objectives of this research work are none other than the location, uplifting and cataloging of the remains, to establish its state of preservation, to propose its protection and the feasibility of its reuse in a sustainable way.

INTRODUCCIÓN

En épocas pasadas era mucho más costoso que ahora disponer de agua potable, por lo que su consecución se convertía en un enorme reto que condicionaba cualquier desarrollo. La facilidad con la que en nuestro tiempo abrimos un grifo para tomar agua ha provocado que estas construcciones tan importantes hasta hace menos de treinta años, hayan caído en este corto período de tiempo en el olvido. Las grandes ampliaciones de la ciudad de estos últimos años han propiciado que los pocos restos visibles, hecho que ha sido posible en gran parte a la falta casi total de documentación gráfica.

Bajo el suelo de Alcalá de Henares, se encuentra un patrimonio oculto y desconocido, que ha sido durante siglos uno de los principales elementos de la vida y el desarrollo histórico de la ciudad. Una red de varios kilómetros de galerías, Qanawat o viajes de agua, construidos a través de siglos ha constituido el principal sistema de abastecimiento de agua de la ciudad, desde su fundación hasta bien entrado el siglo XX.

OBJETIVOS

El presente trabajo pretende sumar esfuerzos para continuar avanzando en el camino iniciado en 1979 por las diversas administraciones públicas relacionadas con la ciudad, de recuperar su casco histórico y devolver su función docente a los antiguos edificios que fueron Universidad, que entre otros reconocimientos obtuvo el título de la UNESCO de patrimonio mundial a la Universidad y al Casco Histórico de Alcalá de Henares en 1998.

Esta línea de investigación que se viene desarrollando desde hace varios años, intenta recuperar la memoria de las infraestructuras de ingeniería hidráulica (galerías drenantes) que durante tantos años han venido prestando un servicio tan esencial para el desarrollo histórico de la ciudad. La investigación en los archivos históricos por una parte y por otra la búsqueda, basada en la información documental de los restos físicos, existentes a día de hoy, forman la estrategia metodológica que tiene como fin el conocimiento de su historia, su estado de conservación y su posible reutilización.

Este patrimonio oculto necesita en primer lugar, darse a conocer para poder pervivir, su localización y representación con respecto a la ciudad con la que forma un todo indisoluble son los primeros pasos. En este caso, donde no hay nada o casi nada a la vista, cuando por razones evidentes es necesario acercar el patrimonio a los ciudadanos para explicar su funcionamiento y su estrecha relación con el desarrollo histórico de la propia ciudad, es cuando las técnicas gráficas son más necesarias. Tomando como partida la investigación de las fuentes históricas y mediante una estudiada conjunción procedimientos de levantamiento espeleológico y las más modernas técnicas topográficas y de georeferenciación se espera conseguir la localización, levantamiento y catalogación de sus restos con el fin establecer cual es su estado de conservación, proponer su protección y si es viable su reutilización de forma sostenible. Para poder alcanzar los objetivos planteados, el presente trabajo se han seguido principalmente dos líneas investigación complementarias:



1. La búsqueda documental de información escrita, planimétrica y fotográfica sobre los viajes de agua de la ciudad:
 - Por un lado en la gran cantidad de publicaciones sobre la historia de la ciudad de Alcalá de Henares en las que en algunos casos se menciona el tema de las fuentes de agua de forma tangencial.
 - La investigación en los archivos históricos, sobre todo el Archivo Histórico Municipal de Alcalá de Henares (en adelante AHMAH), en el que se encuentra información sobre algunos de los viajes de agua de la ciudad, pero sobre todo por los empleados para el abastecimiento de las fuentes públicas.
 - La búsqueda en las hemerotecas de información relativamente reciente de las fuentes de agua y su papel en la sociedad alcalaína.
 - Revisión de las múltiples publicaciones fotográficas sobre la historia reciente de la ciudad, en las que hemos podido constatar la importancia de las fuentes de agua como hitos significativos de paisaje urbano atrayendo la atención de los fotógrafos a lo largo de tiempo.
2. Por otro lado se ha realizado sobre el terreno un exhaustivo y metódico recorrido del término municipal de la ciudad, sobre todo en de las zonas en las que hidrogeológicamente, según nuestro análisis se mostraban más propicias para albergar captaciones de este tipo, como son las terrazas T1 y T2, así como donde nos iban indicando paralelamente los datos aportados por la búsqueda documental, en este sentido ha sido especialmente útil la documentación planimétrica encontrada en el Instituto Geográfico Nacional y los levantamientos aportados por D. Emilio Casas Pérez. Los restos encontrados, donde ha sido posible, se han catalogado y se ha realizado su levantamiento planimétrico, empleando técnicas de espeleológicas, topográficas, de posicionamiento por satélite y georadar. Además se ha realizado la datación mediante termo luminiscencia de algunos restos cerámicos.

LOS QANAWAT, GALERIAS DRENANTES O VIAJES DE AGUA

La disponibilidad de agua ha sido a lo largo de la historia uno de los factores condicionantes de los asentamientos de población y de las actividades socioeconómicas. Gran parte del agua potable disponible se aloja en los acuíferos bajo la superficie de la tierra. El volumen del agua subterránea es mucho más importante que la masa de agua superficial de los continentes. El agua del subsuelo es un recurso importante y de este se abastece una tercera parte de la población mundial. Necesitamos el agua de forma continua, intentar disponer de ella a diario ha propiciado que a lo largo de la historia se hayan desarrollado múltiples técnicas, entre la que se encuentra la de los Qanawat.

116

El qanat o los qanawat en plural, son galerías subterráneas construidas para recoger el agua de lluvia acumulada en las capas de tierra permeable, más superficial, situadas sobre otras no permeables. A lo largo de su curso del qanat está formado por una serie de pozos, debidamente espaciados (20 a 80 metros), cuya profundidad se estableció por los niveles de los diferentes estratos de tierras (Asín, 1991). La longitud de estas galerías subterráneas puede ser de varios kilómetros y aprovechan el desnivel del terreno para transportar el agua.

Parece que los antiguos persas comenzaron a construir este tipo de galerías en el primer milenio antes de Cristo, en lo que hoy es Irán. A través de la Ruta de la Seda se extendió hacia el este, a China y la expansión árabe hacia el oeste, llegaron a la Península Ibérica y de allí a América. Esta técnica de captura fue la adquisición de muchos otros nombres en diferentes lugares. La difusión de esta técnica hacia occidente parece corresponder a los propios persas, que llevaron esta técnica hasta Egipto y desde allí primero los romanos y luego los árabes la trasladaron hasta la península Ibérica y desde España a América, donde conviven con casos de sistemas de captación de agua subterránea de época precolombina. (Hermosilla, 2008).

En España tenemos ejemplos correspondientes a diversas épocas y orígenes, tenemos galerías drenantes de origen romano como las de Almuñécar (Granada), pero por otro lado buena parte de la comunidad científica coincide en que fueron los musulmanes los que exportaron a la Península Ibérica esta técnica de forma masiva.

Este sistema esta extendido por toda España pero con diferente intensidad, destacan por su concentración y abundancia los territorios del sudeste andaluz (Granada, Jaén y especialmente Almería, Mallorca y algunos sectores de Cataluña. Ahora bien, las galerías se extendieron por otras áreas del territorio español, aunque queda por confirmar si con la misma densidad que en las áreas citadas. Por consiguiente, se localizan galerías en Teruel, Madrid, Cuenca, Córdoba, Sevilla, Badajoz, Toledo y Albacete, como provincias más representativas. (Hermosilla, 2006).

LAS GALERÍAS DRENANTES EN ALCALÁ DE HENARES

Alcalá de Henares se encuentra a treinta kilómetros de Madrid por la carretera A-2, geológicamente está enclavada en el sector centro oriental de la cuenca Meso-Terciaria del Tajo o Madrid, la que corresponde a

una notable depresión tectónica dispuesta entre el Sistema Central, el de los Montes de Toledo y la Cordillera Ibérica.

La zona se caracteriza por la sucesión de terrazas que conforman un relieve esencialmente llano, con una suave pendiente hacia el río Henares, siendo posible identificar hasta cuatro niveles de terraza. Concretamente la ciudad se encuentra entre la primera (la más baja) y la segunda terraza del valle asimétrico del Henares (Roa, 2010).

La actual ciudad tiene sus raíces en la romana de Complutum, fundada inicialmente en una posición defensiva en lo alto del cerro del Viso y trasladada posteriormente alrededor del siglo I, a la llanura sedimentaria situada en la confluencia de los ríos Henares y Torote (Fernández, 1951). Las excavaciones arqueológicas realizadas en la ciudad romana han dejado patente la existencia de un sistema de aducción y distribución de agua, de hecho alguno de los sistemas hidráulicos ha continuado suministrando agua a la población posteriormente, durante siglos. (Rascón, 1995)

La galería drenante documentada más antigua de la ciudad es la que abastecía al palacio construido por el Arzobispado de Toledo en el siglo XIII. En el siglo XV, los franciscanos fundan, el convento de Santa María de Jesús, fuera de las murallas de la ciudad, y construyen un viaje de agua para el suministro del convento. Posteriormente, otro franciscano el cardenal Cisneros, funda en Alcalá una de las Universidades más antiguas e importantes de la historia de España. Este evento transforma profundamente la ciudad, ya que propicia que muchas órdenes religiosas decidan instalarse en Alcalá. El aumento de la población implica un aumento en la necesidad de abastecimiento de agua, por lo que el sistema de Qanawat se extiende y acaba suministrando agua a múltiples instituciones y usuarios privados y a más de una docena de fuentes públicas.

Las investigaciones llevadas a cabo hasta el momento han dado como resultado la constatación de la existencia de varios viajes de agua. Es posible que existiesen más viajes de agua que abasteciesen a la ciudad de Alcalá de Henares a lo largo de su historia pero hasta el momento sólo hemos confirmado la existencia de los siguientes de los que hacemos un breve resumen:

VIAJE DEL PALACIO ARZOBISPAL O DEL CHORRILLO

Este viaje se construyó en el siglo XV para dar servicio al Palacio Arzobispal pero a lo largo de su historia acabó abasteciendo a otras muchas otras instituciones religiosas, algunos particulares y algunas fuentes públicas. Estas son las fuentes abastecidas por el viaje del Chorrillo o del Palacio como consta en la información facilitada por el arzobispado al ayuntamiento en 1899, (AHMAH legajo 1511/60):

Fuentes Públicas:

Plazuela de Palacio
Plazuela del Piojo, hoy Merced.
Plazuela del Chorrillo
Plazuela del Chorrillo, no consta la dotación.

Fuentes dentro del Palacio:

Jardín de Aleluya.
Cocinas, hoy nada.
Jardín del Vicario.
Jardín de la Noguera.
Estanque de la Alameda.
Cenador del Jardín Grande.

Instituciones religiosas:

Monjas Bernardas
Monjas de S. Juan
Monjas de la Imagen
Monjas Magdalenas
Monjas Claras
Capuchinos
Dominicos

Este viaje es llamado comúnmente como del Chorrillo del que D. Aniceto Ezarrriaga (1889) dice que se hallan sus puntos de emergencia en la eminencia llamada Campo del Ángel, y de sus aguas lo siguiente:

"es transparente en el momento de salida de las fuentes, inodora y de sabor agradable, pero si se le deja en vasijas de ancha superficie y en contacto del aire, se observa poco mas tarde la aparición de burbujitas de un gas que se desprende, produciéndose a su vez un precipitado muy tenue que se sedimenta". (Ezarrriaga, 1889)



VIAJE DE LA FUENTE DE LA MINA

Afortunadamente este viaje fue topografiado y descrito totalmente en 1999 por Emilio Casas Pérez formando parte del G.I.S. (Grupo de Investigaciones Subterráneas), por lo que hemos conseguido encontrar su planimetría completa. Según dicho levantamiento tiene 550 m. de galerías excavadas en el terreno generalmente sin revestir de 0,7 m. de anchura y 2 metros de altura media, además tiene 15 pozos, alguno de los cuales es de ladrillo. Superficialmente ha quedado oculto por uno de los ensanches más recientes de la zona norte de la ciudad. En su interior tiene múltiples hundimientos debido seguramente a las obras de urbanización. (Casas, 2001)

En 1856 el ayuntamiento se reúne para tratar una inundación que se está produciendo en el camino de Camarma, por lo que creyendo que el agua procedía al viaje del antiguo convento del Santo Ángel, requiere a nuevo propietario de este, D. Vicente Bertrán de Lis, para que conduzca el agua y deje de causar perjuicios al citado camino a lo que éste responde que solicita permiso para conducirlo a su casa en la calle Roma de la ciudad. (A.H.M.A.H. legajo, 743/1), en realidad se trataba de uno de los viajes más antiguos la ciudad, el de la Fuente de la Mina, pero que hábilmente el señor Bertrán de Lis supo hacer suyo, años más tarde el ayuntamiento recupera la titularidad del viaje y lo cede para la implantación de un aeródromo militar en la zona.

VIAJE DEL CONVENTO DE SANTA MARÍA DE JESÚS O DE VILLAMALEA

El viaje del Convento de Santa María de Jesús o de San Diego fue construido en el siglo XV para dicho convento y para el riego de su huerta, las galerías de captación se realizaron en el llamado prado de Villamalea. El 16 de julio de 1.610 se realizó un acuerdo con las autoridades de la ciudad de Alcalá de Henares (Concordia) donde por reparaciones efectuadas por la Ciudad en el citado viaje del Convento le cedía 3/4 partes del total de las aguas que vienen de dicho viaje y que llegan al arca de distribución ubicada en la antigua Puerta de los Mártires, quedándose el Convento con un 1/4 de agua restante. Gracias a esta concordia este viaje pasó a ser gestionado, mantenido y ampliado por el Ayuntamiento y a ser el principal abastecedor través de los años de la mayoría de las fuentes públicas diversas instituciones y particulares, a las que se les vendía el agua. (A.H.M.A.H legajo 1481/66).

118

Con objeto de realizar una reparación completa, existe una descripción completa del viaje, una propuesta valorada de la reparación y un croquis 1891 realizados por el Arquitecto Municipal, Francisco Enrique Ferrer. (A.H.M.A.H., legajo 961/3)

Al tratarse del viaje de las aguas públicas de la ciudad tenemos constancia documental de que fue ampliado en varias ocasiones a lo largo de su historia. Según inventario de 1899, las fuentes abastecidas por el viaje de Villamalea son: (AHMAH legajo 1028/3):

Camino de Meco
Malecón
Puerta de Mártires.
San Diego
Calle de la Trinidad.
Calle Portilla.
Calle Mayor.
Calle del Empecinado.
Puerta del Vado.
Puerta de Madrid
Puerta de Santiago.
Paseo de la Estación.
Hospital Militar.

VIAJE DEL CONVENTO DEL SANTO ÁNGEL DE LA GUARDA

Al igual que el viaje de la Fuente de la Mina, este ha sido topografiado por D. Emilio Casas Pérez y otros miembros del G.I.S. Este viaje daba servicio al convento de frailes franciscanos del Santo Ángel de la Guarda Capellanes de Nuestra Señora, situado fuera de la ciudad, junto al antiguo camino de Camarma, fundado en 1576. (Román, 1994)

Tiene un desarrollo horizontal de 2.050 m. y muchas de sus galerías se encuentran embalsadas. Dispone de pozos cada 20 ó 30 m., aunque la reciente construcción de edificios y calles ha cegado la gran mayoría. La altura de las galerías supera los 2 metros, llegando a los 3 en algún tramo. La profundidad a la que se encuentran respecto a la superficie oscila entre los 5 y 15m. Tienen forma de lomo de caballo y están talladas directamente en la arcilla, existiendo fábrica de ladrillo sólo en los pozos y sus proximidades. Por la orientación del tallado del túnel se puede decir que ha sido construido de sur a norte. Además el convento cuenta con dos aljibes subterráneos con bóveda de medio cañón. (Casas, 2001)

Este viaje en la actualidad sigue manando agua que abastece un aljibe junto al antiguo convento y que se utiliza para el riego de jardines.

VIAJE DE LAS CARMELITAS DEL CORPUS CHRSTI O DE AFUERA

D. Martín de Iriarte manda construir en 1.722 a los maestros fontaneros D. Juan Rodríguez y Eugenio Basquez, maestros de fontanería, por cuarenta y tres mil veinte reales, y una vez finalizado lo dona a las monjas de la Comunidad del Corpus Christi o de Afuera, según consta en la correspondiente escritura. Según esta se realiza la captación en la zona denominada alcor de Miraflores que mira frente del río y de la huerta de la Esgarabita por el camino de Guadalajara, haciendo trescientas vara de mina y tres mil novecientos sesenta y cinco varas de cañería, hasta dentro del convento. A su vez establece la condición de que dicha comunidad no podrá nunca enajenar o ceder totalmente o en parte del agua del viaje sin perder el derecho sobre el agua a favor de la ciudad. Por otro lado en dichas escrituras se establece que el sobrante de agua que corría las 24 h. del día se vertería a la calle a través de dos caños en los muros del convento, lo que hizo que dichos caños a lo largo del tiempo se convirtiesen en una fuente pública más de la ciudad.

Por la información obtenida creemos que este viaje es el que se encuentra en el Jardín Botánico Juan Carlos I de la Universidad de Alcalá y del que se abastece el lago del mismo. Dado que en este caso no se disponía de un levantamiento planimétrico, se ha procedido a realizarlo. (A.H.M.A.H., legajo 763/5.)

VIAJE DEL COLEGIO DE CARMELITAS DESCALZOS DE SAN CIRILO

Los recursos hídricos con los que contaba hasta el momento el Colegio del Carmen Descalzo parecían más que suficientes para su abastecimiento, por un lado el sobrante de la fuente del mercado y por otro lado una mina de agua desde el río. Es de suponer que con ambos abastecimientos las necesidades de su huerta estaban solucionadas mediante el empleo de la noria. A pesar de esto los Carmelitas deciden en 1743 realizar un viaje de agua desde las tierras de su propiedad situadas en el paraje llamado de la Boca del Valle y Alembra. Es mucha la documentación existente en el Archivo Histórico de Alcalá de Henares sobre la solicitud de licencia al ayuntamiento para realizar la traída del agua. (A.H.M.A.H. Legajo 1099/3). Después de una dificultosa tramitación en la que el ayuntamiento concede la licencia previo informe de D. José Román, maestro de obras, arquitecto de la ciudad de que no se perjudica a otras minas y fuentes como las de las Carmelitas de Afuera, fuentes del Heredamiento de la Magdalena, llamado en lo antiguo de la Moraleja o a un tercero (A.H.M.A.H. Legajo 1099/3.). Este declara que el 6 de abril de 1743 visitó el paraje y no vio inconveniente para realizar dicho viaje dado que: "no se sigue perjuicio alguno a los viajes de agua del publico de esta ciudad, ni al de el conbento de Religiosas Carmelitas Descalzas, que llaman de Afuera de ella, por hallarse este y su nacimiento mucho mas bajo que el que oy se intenta por dicho Colegio; Lo menos se sigue perjuicio, a la fuente que hay en el Heredamiento de la Magdalena en dicho termino, respecto de ser nacimiento alli; así mismo por separarse esa obra nueva, de las cañerías de la ciudad, mas de mil baras, y de las de dicho conbento de religiosas de afuera, mas de quinientas y en la practica que ay que separarse con viajes de agua unos de otros, para no perjudicarse, doscientas baras..."

El maestro de obras, fontanero, elegido por los Carmelitas no era otro que Eugenio Vázquez, (A.H.M.A.H. Legajo 1099/3. Solicitud y Concesión de Licencia.), maestro de gran experiencia que ya realizó el viaje de las Carmelitas de Afuera por encargo de don Martín Iriarte y acabaría siendo el Maestro Fontanero que solucionaría por muchos años el problema del agua de la ciudad. Por otro lado parece que en el interior del viaje existe una inscripción que se corresponde con la autoría del mismo "Eugen."

Como hemos visto el lugar elegido por los monjes es el llamado de la Boca del Valle o de la Alembra, en la terraza fluvial cerca del lugar donde el propio Eugenio Vázquez pudo obtener el agua de las Carmelitas. Por otro lado según el Catastro de 1753 del Marqués de la Ensenada dicho Colegio poseía una viña en dicha zona (A.H.M.A.H., Catastro del Marqués de la Ensenada, libro eclesiástico, 1753). Esta misma viña vuelve a surgir en los documentos históricos, en un certificado de fecha 12 de abril de 1809 del Rector de la orden en contestación a una Real Orden para que se ponga en razón exacta la situación en la que se encuentra el Colegio, dentro del apartado de rentas anuales se responde "Además posee esta Comunidad de una viña de primitiva fundación en el aza misma donde nace el agua para el Combento, regulada en quatro mil vides, poco más o menos," (A.H.M.A.H. Legajo 1099/3, Certificado de la situación del Colegio, 1809).



Todo esto nos hace pensar que este viaje es el que se encuentra en la llamada Finca del Carmen propiedad de la Universidad de Alcalá, lo que ha propiciado que podamos ubicarlo físicamente y realizar el levantamiento planimétrico de sus galerías y de esta forma referenciarlo con la trama actual de la ciudad y con los planos históricos de su término municipal.

VIAJE 2º DEL CONVENTO DE SANTA MARÍA DE JESÚS O DE SAN DIEGO

Desde que se realizó la concordia de 1.610, las disputas por el agua de dicho viaje no cesaron, por lo que en los Franciscanos decidieron construirse en 1668 un viaje de agua nuevo, para ello debieron solicitar la correspondiente autorización municipal, debieron existir algunos problemas con el consistorio en relación con la ubicación de las arcas de la conducción (A.H.M.A.H. Libro de acuerdos nº 25).

La zona de captación de este viaje no está muy clara pero Francisco Javier García Gutiérrez (1999) nos aporta la información necesaria para asociar el viaje tipografiado por el G.I.S. cercano al del Convento del Santo Ángel con este segundo viaje de los franciscanos de Santa María de Jesús, situándolo en la finca comprada por los jesuitas en el Campo del Ángel en 1950 y 1953 para instalar su Facultad de Filosofía.

De este viaje sólo hay constancia de que se abastecieron los propios monjes y posteriormente el acuartelamiento de caballería que se construyó sobre el convento de San Diego en 1859.

VIAJE DEL SUEÑO

Se trata de un viaje promovido por la corporación municipal, para paliar la falta de agua alrededor de 1931. El viaje que producía alrededor de un litro por segundo, se destinó en 1965 por el consistorio al abastecimiento del Centro de Instrucción y Reclutamiento del Ejército, (García, 1999). No se conoce que este viaje de servicio a ninguna fuente ni pública ni privada a excepción de la BRIPAC. La finca del sueño se sitúa cerca del término municipal de Camarma de Esteruelas, al norte de la zona urbanizada conocida como Espartaes Sur.

Lo que se conoce del estado más reciente del viaje es la referencia que a él se hace en la ponencia de D. Emilio Casas Pérez (2001):

"Fue un "viaje" de propiedad municipal. Parte de una finca del mismo nombre que se encuentra situada cerca del término municipal de Camarma de Esteruelas. Allí está el camino llamado de "Aviación", a 1 km. del Acuartelamiento Primo de Rivera, hasta donde llegaba desde 1965 alguna cantidad de agua de este viaje. Se ha localizado por el paraje del "Sueño" algún pozo que podría pertenecer a esta vía de agua, pero se encuentra anegado".

CONCLUSIONES

Con este trabajo se pretende dar un paso cualitativo y cuantitativo en el conocimiento de este conjunto de construcciones situándolas con ayuda de la documentación gráfica histórica, con respecto a la trama actual de la ciudad, permitiendo así su localización y su protección y por otro lado enlazarlas de forma unívoca con la historia de la ciudad. Gracias a las descripciones escritas de los parajes por los que discurren los viajes que pertenecían a las diversas instituciones y su correspondencia con la planimetría histórica se ha podido relacionar la documentación escrita encontrada en los archivos, con las galerías encontradas sobre el terreno, lo que propiciará en un futuro cercano un análisis detallado de la importancia de estas infraestructuras en el desarrollo histórico de Alcalá de Henares, aportando otro punto de vista a su conocimiento que quizá sea capaz de dar respuesta a algunas incógnitas.

Por otro lado como todos sabemos, el agua es esencial para la vida y para cualquier acción del hombre. Estudios de la FAO, estiman que uno de cada cinco países en vías de desarrollo tendrá problemas de escasez de agua antes de 2030, a lo largo de la historia han tenido lugar y en la actualidad hay guerras por el agua. A pesar de que el acceso al agua potable se ha facilitado durante las últimas décadas todos los expertos tienen claro que en los próximos años, este será uno de los principales problemas de todas las civilizaciones a todos los niveles.

El patrimonio necesita tener una utilidad con el fin de garantizar su recuperación y posterior mantenimiento de forma sostenible. Inicialmente las líneas de utilidad a las que podrían ajustarse estas galerías son:

1. Uso del agua en las fuentes ornamentales, preferentemente relacionadas con las que fue utilizada históricamente.
2. Para el riego de jardines.

3. El agua para el baldeo de calles.
4. La regeneración de humedales.
5. Recarga de los acuíferos.
6. En cámaras de descarga para la limpieza de redes de saneamiento en temporada.
7. Depósitos de protección contra incendios.
8. Creación de un centro de interpretación para explicar su importancia en la historia de la ciudad y sirven como una atracción para el turismo cultural, que incluye una visita guiada a las galerías en buen estado o a una réplica real o virtual, realizada con el apoyo de las nuevas tecnologías.

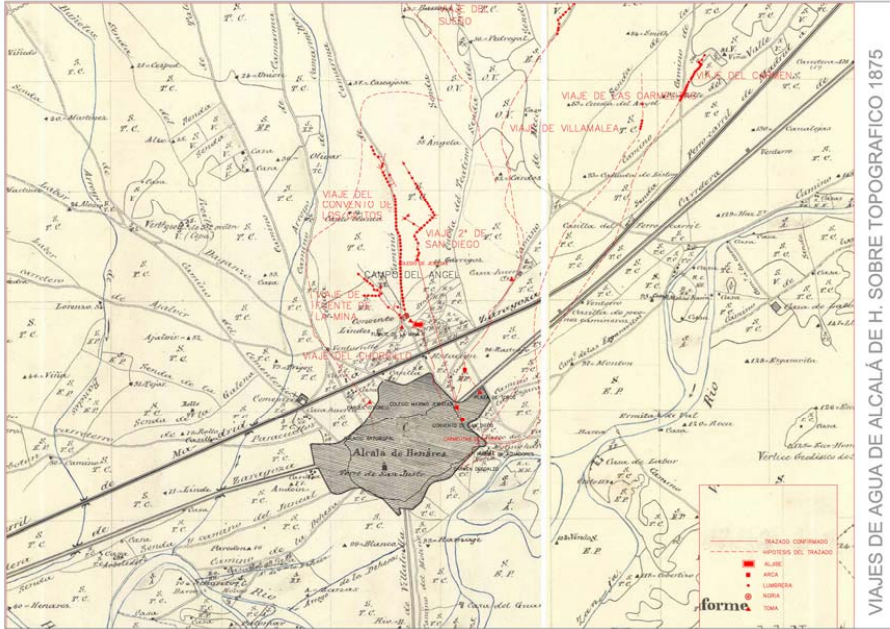
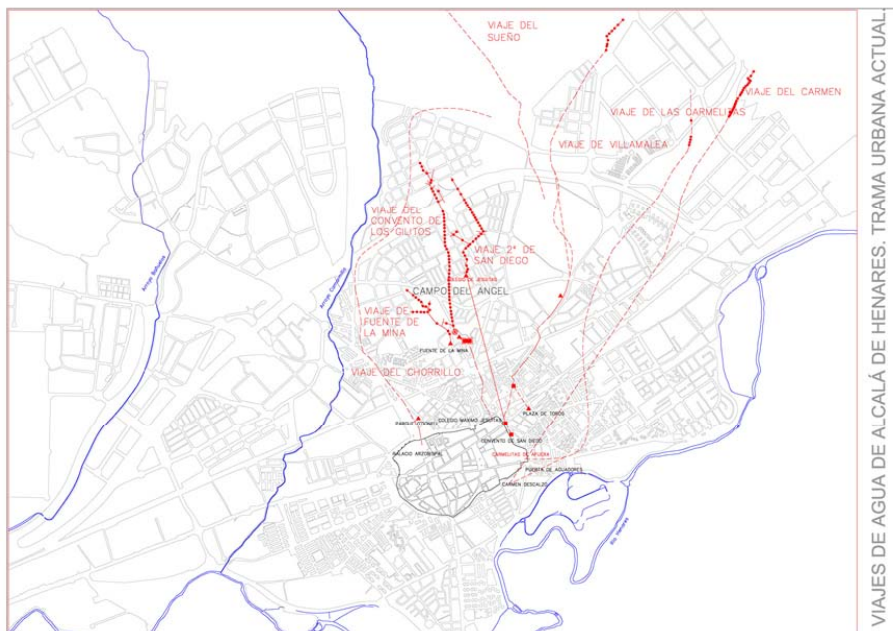


Fig 1. Situación actual de los viajes de agua sobre el plano topográfico de 1875. Instituto Geográfico Nacional.





VIAJES DE AGUA DE ALCALÁ DE HENARES. TRAMA URBANA ACTUAL.

Fig 2. Situación actual de los viajes de agua sobre la trama urbana actual.

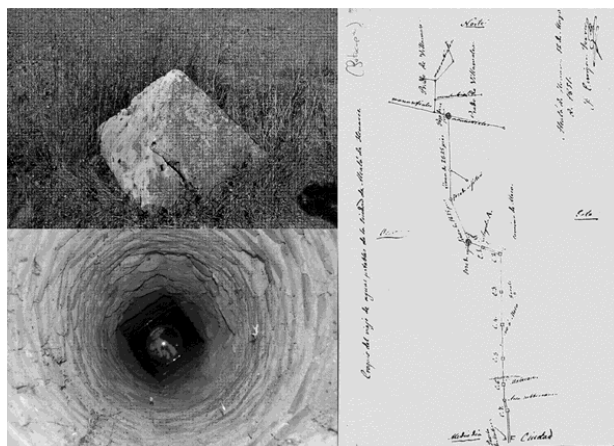


Fig 3. Pozo y tapa en forma de pirámide del Viaje de Villamalea. Croquis del trazado del viaje de Villamalea 1851, (A.H.M.A.H. legajo 961/3).

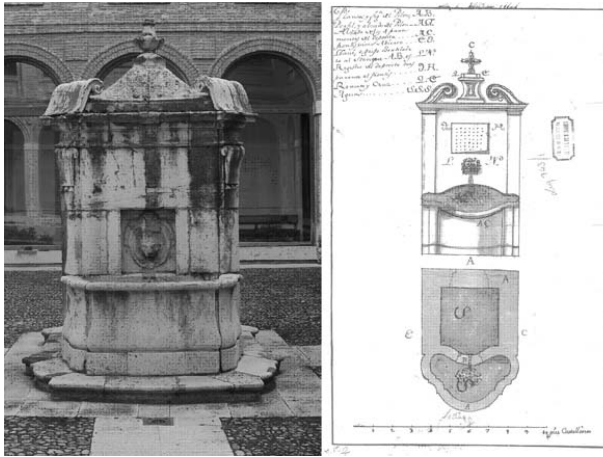


Fig 4. Fotografía de la fuente del claustro del Colegio de Málaga. Croquis del proyecto de dicha fuente (A.H.M.A.H. legajo 743/1).

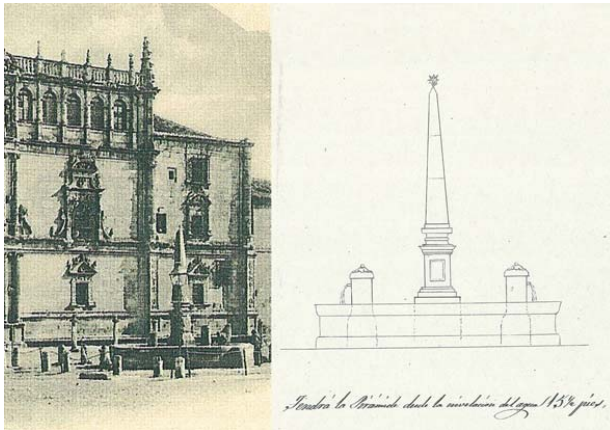


Fig 5. Actual fuente de los cuatro caños cuando estaba situada frente al Colegio Mayor de San Ildefonso, 1892, Hauser y Menet. Plano del proyecto de dicha fuente, (A.H.M.A.H. legajo 743/1).



Fig 6. Galería de la fuente de la Mina, 1999, Emilio Casas. Galería del viaje de las Carmelitas, Pozo del viaje del Santo Ángel y Detalle de una inscripción en la galería del viaje del Carmen, parece que pone "Eugen" en relación con Eugenio Vázquez.



Referencias bibliográficas

- Archivo Histórico Municipal de Alcalá de Henares, 1753, Catastro del Marqués de la Ensenada, libro eclesiástico.
- Archivo Histórico Municipal de Alcalá de Henares, legajo 763/5.
- Archivo Histórico Municipal de Alcalá de Henares, legajo 961/3.
- Archivo Histórico Municipal de Alcalá de Henares, legajo 1028/3.
- Archivo Histórico Municipal de Alcalá de Henares, legajo 1481/66.
- Archivo Histórico Municipal de Alcalá de Henares, legajo 1511/60.
- Archivo Histórico Municipal de Alcalá de Henares, libro de acuerdos Nº 71.
- Asín Oliver, J., 1991, Historia del Nombre de Madrid, Madrid.
- Azaña, E., 1882 Historia de la Ciudad de Alcalá de Henares, Edición facsimilar, Alcalá de Henares, 2005.
- Casas Pérez, E., 2001, 8º Congreso Español de Espeleología, Alcalá de Henares.
- Eznarriaga, Aniceto, 1889, Reseña MEDICO-TOPOGRAFICA de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares.
- Fernández Galiano, D., 1951, Complutum, Madrid, 1951.
- García Gutiérrez, F. J., 1999, El eterno problema del agua (IV), Puerta de Madrid, 26 de junio de 1999.
- Hermosilla Pla, J., 2006, Las Galerías Drenantes del Sureste de la Península Ibérica, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Hermosilla Pla, J., 2008, Las Galerías Drenantes en España, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Pavón Maldonado, B., 1982, Alcalá de Henares Medieval, arte islámico y mudéjar, Madrid.
- Rascón Marqués, S., 1995, La Ciudad Hispano romana de Complutum, Cuadernos de Juncal 2, Alcalá de Henares.
- ROA ECHEVERRÍA, Juan Carlos, "Caracterización Hidrogeológica del Campus Externo de la Universidad de Alcalá. Provincia de Madrid. España". Trabajo final del Master dirigido por el Dr. D. Javier Temiño, Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares.
- ROMÁN PASTOR, C., Arquitectura Conventual de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares, 1994, p. 57.

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ESPACIO POR REGISTRO DE IMÁGENES TÉRMICAS.

Julio Enrique TAPIA GÓMEZ
Fernando FARGUETA CERDÁ
José FORNIELES LÓPEZ

Universidad Politécnica de Valencia

RESUMEN

El siguiente trabajo pretende reflexionar sobre el uso de la cámara termográfica, como una herramienta capaz de apoyar el trabajo cotidiano del arquitecto. La termografía muestra de forma científica información que otras técnicas gráficas no son capaces de destacar. Esta técnica relaciona las diferencias de temperaturas y emisividad reflejada de un cuerpo. Estas reflexiones de la superficie provienen de las radiaciones de energía del material y de los efectos de flujos de convecciones del medio ambiente. Por ello pensamos que este tipo de instrumento puede entregar una información de interés sobre las formas dinámicas de habitar que se tienen dentro de los edificios.

Con este tipo de metodología se destaca la capacidad de esta de herramienta, para medir las variables térmicas del espacio, con el fin de poder recoger aquello que el croquis, la fotografía u otro sistema de registro no destaca de forma directa.

Posteriormente se fabricó una pieza de hormigón, la cual se le inyectó agua por métodos normados, sobre esta se tomó registros en zonas secas y húmedas. Finalmente se comprobó que las diferencias llegaron a ser de 12°C entre las zonas secas y húmedas. Concluyendo en la capacidad de lectura térmica que tiene la cámara.

BREVE HISTORIA DE DE LA REPRESENTACIÓN ARQUITECTÓNICA Y LAS TÉCNICAS CIENTÍFICAS

Todo lo que hagamos en el campo de la representación del espacio, será siempre una parcialidad de la realidad. Por ello se usa una cantidad de herramientas que construyen dichas parcialidades. La ciencia es una de las principales disciplinas que aporta a los temas de representación arquitectónica, tal representación ha estado centrada en las definiciones espaciales de las obras analizadas.

La geometría descriptiva por ejemplo es una ciencia que representa el espacio en dos o tres dimensiones. Además permite encontrar un orden espacial que ayuda a la interpretación del objeto estudiado. Los teóricos del renacimiento como Leon Battista Alberti, Rafael Sanzio o Danielle Barbaro, definían que las representaciones ortogonales como planta, alzado o secciones, eran las únicas que podían expresar la obra de arquitectura. Las técnicas como la perspectiva era rechazada por el modo persuasivo de la realidad, ya que sus puntos de fuga impedían la lectura de medidas exactas, por lo tanto esta técnica pertenecía al mundo de la pintura.²⁰

El dibujo técnico, como herramienta de expresión, resultó útil para definir convencionalismos sobre nomenclaturas que diesen una mayor cantidad de información de una escena analizada. Existen otras técnicas de interpretación espacial, que provienen de la fusión con otras ciencias, de esta forma nace la fotografía, que toma tanto de la química y la óptica su desarrollo. En ella se hace un avance considerable para poder captar la realidad tal cual la ven nuestros ojos.

Actualmente el desarrollo de los ordenadores y nuevos software catalizan de forma dinámica todas las técnicas anteriores, que llegan a tal grado de precisión que fácilmente podrían confundirse algunas imágenes de ordenador con las imágenes reales.

Los avances tecnológicos desde la invención de la perspectiva han ido en un constante aumento, y más intensamente en los últimos 30 años. De esta forma contamos con una gran cantidad de herramientas que nos ayudan a comprender el medio que nos rodea.

²⁰ Este extracto fue sacado de la ponencia de *González-Varas, 2010*, II Jornadas sobre la enseñanza de las ciencias y las ingenierías, donde continua con: "Este rechazo de la perspectiva paralelo a la afirmación teórica de la tríada ortogonal para la representación arquitectónica radica en la interpretación de las opiniones del tratado de Vitruvio que establecía tres «species» de representación, «*orthographia*, «*ichnographia*, «*scaenographia*», definida esta última como «la representación de una arquitectura en figura perspectivita, que muestra junto a la fachada también la vista lateral»; este concepto vitruviano será retomado y traducido en una doble versión de «*sciographia*» (corte) y «*scenographia*» (perspectiva) y, según Wolfgang Lotz, esta discusión originará «los dos métodos con los cuales el dibujo arquitectónico renacentista representará el espacio interior, el corte con perspectiva y el corte con proyección ortogonal» (Wolfgang LOTZ, «Das Rambild in der italenische Architekturzeichnung der Renaissance», *Mitteilungen des Kunsthistorische Institutes in Florenz*, vol.VIII, Florencia, 1956)."



Actualmente existe una línea de investigación que arroja nuevos intereses sobre el conocimiento científico de una obra de arquitectura, esto se puede ver en la especificidad del estudio del comportamiento térmico o acústico de una obra.

Las leyes y teorías provenientes de la física, guían el análisis para comprender estas condiciones de los edificios. Además se cuentan con instrumentos que permiten recoger esta realidad y expresarla en formatos diversos.

En este sentido, para el estudio térmico de los edificios, se toman en cuenta variables físicas, basadas en las transferencias de calor como la radiación, la conductividad o la convección. Los cuales son difícilmente representados en el espacio analizado. La herramienta más usada hasta ahora, son los diagramas, que entregan información teórica del comportamiento térmico del edificio analizado.

El estudio acústico de una obra, toma como variables físicas las frecuencias, la longitud de onda y los periodos. Aplicado a las materiales y tipo formal del espacio analizado, a través de ello se conocen la resonancia, la absorción o la reverberancia de los materiales estudiados.

El conocimiento térmico-acústico de un edificio exigido hoy en día para el correcto funcionamiento de nuestros edificios, da la opción de incluir nuevas formas de representación del espacio.

OBJETIVOS

La propuesta de este trabajo es ampliar el campo de aplicación de la termografía y ubicarla en el campo de las técnicas de representación arquitectónicas actuales.

Además se comprobó de forma experimental las limitaciones y aportaciones que se supone al aplicar esta técnica de análisis. Con ello se realizó el estudio de un caso concreto, como es el análisis de una pieza de hormigón, con humedad en su interior.

A continuación se ha realizado un levantamiento histórico sobre como la ciencia y la representación arquitectónica han ido evolucionando en la historia, a fin de reconocer en la termografía una técnica de comprensión del espacio, como lo son el alzado, plantas, cortes, fotografías y maquetas. De esta forma poder ser aplicada en el desempeño cotidiano de los arquitectos.

1. Ciencia y técnicas de representación arquitectónicas

La concepción de una obra de arquitectura se produce por medio de una serie de habilidades, proveniente de diversas disciplinas. Sobre ello ya pensaba Vitrubio (2000), que además del conocimiento particular de la arquitectura se deben tener otras áreas contempladas. *"Es necesario que sepa escribir para formar los tanteos y cálculos de las obras que se le ofrezcan. Debe saber dibujar para formar los planos y elevaciones de los Edificios. La geometría le es también necesaria para tomar sus lineamientos. Le es preciso saber aritmética para formar sus cálculos. Debe saber historia a fin de que pueda dar razón de la mayor parte de los ornatos o adornos que se fundan en ella... La filosofía natural le es también precisa para descubrir las causas de muchas cosas a que debe poner remedio."* Es bajo estas premisas donde el arquitecto basa su conocimiento y construye sus obras.

Por otro lado Bruno Zevi (1981), cree que "... el método de representación de los edificios que encontramos aplicado a la mayoría de las historias del arte y de la arquitectura se sirve de: a) plantas; b) frentes y secciones; c) fotografía. Hemos afirmado que estos medios, considerados aisladamente o en su conjunto, son insuficientes para representar completamente el espacio arquitectónico."

La interpretación obtenida de una obra arquitectónica, es escasa si las comparamos con otras disciplinas, la variedad de herramientas que hemos contado para poder hacer el análisis de una obra de arquitectura, suele ser poco si se compara con la variedad de herramientas con que cuentan otras disciplinas como por ejemplo lo hace la medicina.

Los medios científicos y artísticos con que contamos para expresar la obra de arquitectura, son: levantamientos de planos, croquis, fotografías, maquetas físicas y virtuales, pero aun no son suficientes para conocer una obra, por ello se debe seguir investigando sobre otros instrumentos para interpretar la realidad.

2. La fotografía y la termografía como técnicas de representación

Antes de continuar, se debe ver de forma aparte a la fotografía. Que a partir de fines del SXIX permitió ampliar los sistemas de representación arquitectónica. La fotografía se posicionó como un dato fidedigno de la realidad que registraba. Si bien es cierto que existe un valor personal dado por el fotógrafo, no disminuye la capacidad de que sus registros sean capaces de reflejar el presente de un edificio. W. Benjamín (1931), explicaba la

importancia del retrato realizado por la fotografía, en oposición a lo que se ven normalmente con los ojos. Debido a que de esta se extrae una reflexión, se construye una conciencia ante la realidad que se refleja en la fotografía.

*"La naturaleza que habla a la cámara es distinta a la que habla a los ojos; distinta sobre todo porque es un espacio elaborado inconscientemente aparece en lugar de un espacio que el hombre ha elaborado con conciencia. Es corriente, por ejemplo, que alguien se dé cuenta, aunque sólo sea grandes rasgos, de la manera de andar de las gentes, pero seguro que no sabe nada de su actitud en esa fracción de segundo en que se alarga el paso".*²¹

Entrando al siglo XIX, el científico francés Niépce logró obtener una de las primeras imágenes fotográficas, consiguió detener el tiempo y plasmarlo en una imagen. La fotografía más antigua que se conserva es una reproducción de la imagen conocida como Vista desde la ventana en Le Gras, obtenida en 1826 con la utilización de una cámara oscura y un soporte sensibilizado mediante una emulsión química de sales de plata. (Fig. 1).

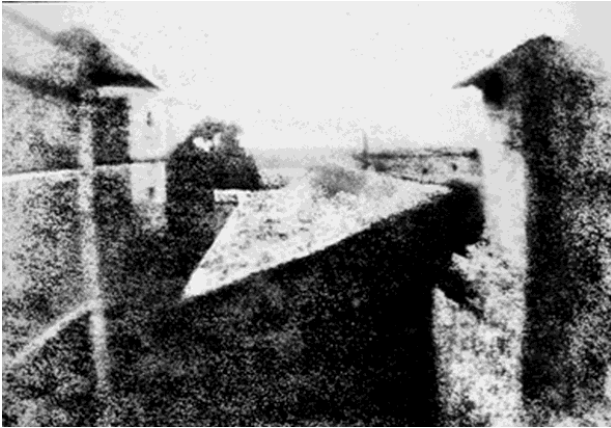


Fig. 1. La Fotografía de Niépce, tomada en 1826.

De todas formas los inicio de la fotografía no fueron recibidos de manera tan optimistas, como se debió esperar, esto es relatado en la *breve historia de la fotografía* de W. Benjamín, el cual nos explica que esta fue considerada como una blasfemia, ya que existió la tendencia a pensar que el hombre era creado a imagen y semejanza de Dios, y no podía fijarse su imagen divina por medio de una maquina creada por el hombre. El invento de Niépce y Deguarre, no tuvo un inicio claro hasta que en 1939, cuando el físico y político francés, François Arago, presentó el invento ante la academia de ciencias Francesa, con un potente discurso, donde destacó la siguiente frase:

*"Cuando los inventores de un nuevo instrumento, lo usan para observar la naturaleza, lo que se espera encontrar es siempre ínfimo en comparación a la serie de descubrimiento que se sucede a esta contribución"*²²

Arago sabia de los alcances inimaginables que traería la fotografía en la siguiente época. Para nuestros fines existe un gran parecido entre los pasos de la fotografía y de la termografía, como es que ambos se basan en la captura de las ondas electromagnéticas, el resultado de la imagen obtenida es familiar a la comprensión humana, ambos son subestimados en sus inicios, y tienen una aplicabilidad muy amplia. En este trabajo tomaremos de este discurso la posibilidad del nuevo instrumento, que permite captar la realidad, pero obteniendo información sobre otro plano de la naturaleza.

3. La termografía como técnica de representación

El caso de la termografía permite representar el espacio desde un enfoque distinto de herramientas tradicionales, debido que la información que recoge esta en relación al comportamiento térmico de sus elementos (muros, vanos, techumbre, piso) y el entorno que lo rodea.

²¹ BENJAMIN, Walter, 1931, *A short history of photography*, seminario Die Literarische Welt. Traducción del autor

²² Ibid 2



La termografía, es el proceso de producir una imagen visible en dos dimensiones, en virtud de sus diferencias en la radiación electromagnética emitida, siendo detectadas por un aparato receptor.

Los primeros registros que existen de una imagen termográfica, fueron del evaporografo, que es un aparato que graba en forma de imagen el espectro infrarrojo sobre una membrana, del cual se derivan el desarrollo de las maquinas termográficas actuales. Fig.2



Fig. 2. Imagen de mujer con gafas, con un vaso de agua en la mano. Tomada por Gene W. McDaniel and David Z. Robinson en 1962, en marco de investigación sobre el mejoramiento de la imagen del evaporografo.

Actualmente la imagen obtenida de la cámara termográfica está en formato digital y se llama termograma, existen diferentes tipos de termograma, que varían según los cambios de la gama de colores. Estos colores representan las temperaturas de la escena analizada (Fig. 3). Podemos clasificarlo en tres categorías: en contrastadas, degradadas o mixtas.

Las imágenes con contrastes son aquellas donde el color cambia abruptamente entre una temperatura y otra, se recomiendan para imágenes donde es necesario captar diferencias de temperatura en áreas reducidas.

Las imágenes con degradado son aquellas las cuales tienen un tono homogéneo entre temperaturas similares, destacando una diferencia mayor entre las temperaturas extremas, es recomendable para imágenes panorámicas.

Las imágenes mixtas o con degradado inverso, son aquellas que combinan ambos métodos destacando las temperaturas extremas y en degrade muy suave el resto de la imagen, se usa principalmente para detectar las zonas de mayor contraste de temperatura.

El uso de la cámara termográfica está actualmente relacionado a temas de inspección técnica, específicamente como un método de inspección no destructiva, los cuales son una serie de herramientas que permiten estimar diferentes características de un material o de los elementos del edificio analizado, todo esto sin producir daño alguno.

Se puede saber mucho de un elemento constructivo a través de este método, como estimar su resistencia, humedad, estado de deterioro, puntos de fugas, puentes acústicos o térmicos, localizar tuberías de agua, gas, eléctricas, y diferentes tipos de aplicaciones que van apareciendo día a día.

La técnica tiene ventajas e inconvenientes, según González (2006), como:

- **Ventajas:** Inspección rápida y sin contacto. Resultados en imagen relativamente fácil de interpretar (termograma). Detecta fácilmente anomalías por efecto del agua. Diferentes tipos de aplicaciones.
- **Desventajas:** Problemas en detectar la energía de la superficie estudiada. Irregularidad en la superficie producto de excitaciones. Capacidad limitada de la detección de defectos bajo la superficie. Alteración de la imagen producto de las transferencias de calor (convección, conducción, radiación). Limite en el análisis de cierto tipo de espesores.

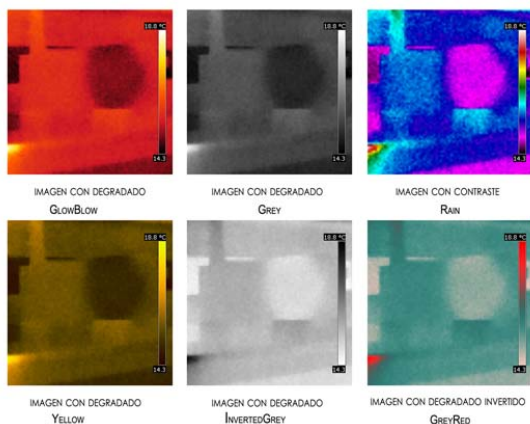


Fig. 3. Tipo de opciones de la cámara termográfica para ver los termogramas. Las diferencias de colores están en relación al interés a destacar en la imagen analizada. Estos se pueden clasificar en imágenes con: Degradado, contraste y Degradado invertido.

A esto se le suma que actualmente la termografía pasa por un importante crecimiento. Debido que desde los últimos 20 años se ha producido una gran mejora en la fabricación de cámaras termográficas, haciendo de ellas más transportables y de un peso más ligero, facilitando su uso en terreno. A esto se suma la gran calidad de la imagen que se obtiene del área analizada.

Otro factor que propicia el uso de la cámara termográfica en la actualidad es en el interés de los fabricantes en reducir los precios de este producto y de sus complementos. Además se ofrecen software y cursos de preparación, con la finalidad de hacer lo más sencillo posible la implementación de esta tecnología en sus operarios.

Es esta situación que ha llevado a generalizar su uso y aumenta cada día más la posibilidad de contar con este tipo de herramienta en nuestro desempeño profesional.

4. Principios de la termografía

Todo cuerpo a temperatura superior a cero grados (-273,15°C) emite radiación electromagnética y ésta es reconocida por la cámara termográfica. Estas registran la diferencia de radiación emitida en la zona del espectro que corresponde al infrarrojo procesándola para la obtención de una imagen digital final.

El principio de la termografía tiene relación con el fenómeno de la radiación electromagnética. Estas ondas se propagan a la velocidad de la luz c por el vacío, definida por las características de su longitud de onda λ , la frecuencia de oscilación f y el periodo T . En cualquier otro medio la velocidad v de las ondas electromagnéticas se define como en la [ec. 1].

$$v = \lambda \cdot f = \frac{c}{T} \quad [\text{ec. 1}]$$

El espectro electromagnético se divide en "bandas", las cuales están determinadas por el valor de la frecuencia de la onda electromagnética. Todas estas bandas se encuentran regidas por las mismas leyes de la física y la única diferencia es su longitud de onda. En la fig. 4 se muestra el espectro electromagnético en el vacío; además se relacionan las longitudes de ondas con sus frecuencias correspondientes, destacando el espectro infrarrojo y la banda infrarrojo lejano.

La banda espectral del infrarrojo, con la cual trabaja la técnica de la termografía, se divide en cuatro bandas (fig.4), ubicadas entre la radiación del espectro de luz visible y las ondas microondas.

El considerar un espectro más del campo electromagnético nos permitiría obtener información complementaria a los obtenidos solamente del campo visual, cuyos rangos se encuentran entre los 10^{-4} y 10^{-8} m. El rango que detecta las cámaras termográficas utilizadas en la inspección de obras civiles es el espectro infrarrojo lejano.

La transferencia de calor entre los cuerpos se hace por medio de tres procesos, según el principio físico que regula el transporte de la energía: conducción, convección y radiación.



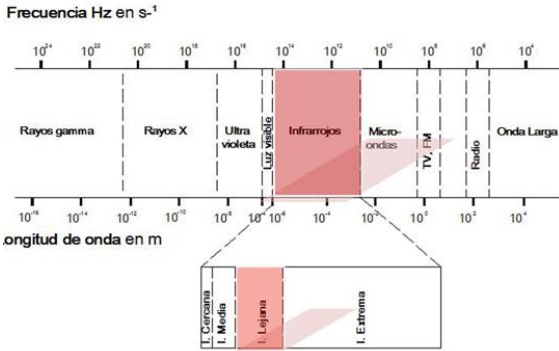


Fig. 4. Espectro electromagnético expresado en su longitud de onda y frecuencia. Se destaca el rango del espectro infrarrojo y la banda infrarroja lejana, al que pertenecen la mayoría de los equipos termográficos usados en la construcción.

La termografía capta la radiación emitida por una superficie, la cual es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura superficial del objeto, como fue descrita en la ley de Stefan-Boltzmann, donde la Irradiancia espectral total W_b de un cuerpo negro, σ , es la constante de Stefan-Boltzmann ($5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2$) y T es la Temperatura absoluta del objeto. La ec. 2, define que la Irradiancia intrínseca de un cuerpo negro es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta (W/m^2).

$$W_b = \sigma T^4 \quad [ec. 2]$$

La emisividad es un parámetro que depende de las distintas características de los materiales, su valor varía entre 0,0 y 1,0. Además del material se debe tener en cuenta otros factores que afectan la emisividad: el estado de la superficie, la temperatura y la longitud de onda; también hay estudios que asocian al ángulo de visión como otro factor a considerar.

De todas formas cabe mencionar que la gran mayoría de los materiales de la construcción tiene una emisividad elevada por sobre los 0,80, exceptuando los cristales, cerámicos y metales. Mientras más alta sea más fiable será la medición. La ASTM Standard E1933, 1999^o (2005) advierte que la emisividad de una superficie opaca con valor inferior a 0,5 tiene una alta probabilidad de no ser precisos.

Por otro lado el funcionamiento de las cámaras termográficas ha sido en términos generales el mismo desde sus inicios. Su composición está basada por un sistema óptico, un transductor y un sistema de representación.

Sistema óptico: Lentes. Inicialmente en la época de Herschel, las lentes se fabricaban con cristales de cualquier tipo. Posteriormente se pasó a emplear sal de roca (NaCl). Esta se usó desde 1830 hasta 1930 aproximadamente, siendo reemplazada por materiales sintéticos. Hoy en día se usa lente de germanio, para las cámaras portátiles de aplicación en obras.

Transductor: es el sistema donde se produce la conversión de la señal infrarroja en una señal que pueda ser interpretada por algún sistema de representación de imagen. Para ello se ha utilizado diferentes sistemas de detecciones de radiación infrarroja.

Sistema de representación: son los dispositivos para la obtención de imagen. Estos convierten la señal que proviene del transductor en una imagen digital visible.

El actual dispositivo se define como matriz de plano focal, Focal Plane Array (FPA). Se compone por un conjunto de pixeles, y sus tamaños y proporciones van cambiando según el tipo de cámara. En estos casos un "pixel" es la unidad más pequeña de una matriz focal y hace referencia a una unidad del área observada. Es de esta forma que en una imagen digital está compuesta por una determinada cantidad de pixeles y cada pixel indica la temperatura reflejada de la escena estudiada.

5. Aplicación de la termografía sobre un objeto controlado

La termografía relaciona las diferencias de temperaturas y emisividad reflejada. Estas reflexiones producidas en la superficie, provienen de las radiaciones de energía del material y de los efectos de flujos de convecciones del medio ambiente.

Por ello se construyó una parte experimental que dio a conocer el real alcance de la cámara termográfica sobre un material típico de una obra de edificación. Para ello el material ha sido analizado de forma aislada y en un ambiente controlado.

Se decidió estudiar como material el hormigón, por su alta demanda en el campo de la construcción. Para esto se confeccionó una pieza de hormigón, la cual fue elaborada y analizada en laboratorio a fin de descubrir su comportamiento térmico y por lo tanto su expresión grafica en el termograma. Con este tipo de metodología se destacó la capacidad de este tipo de herramienta, para medir las variables térmicas del elemento, con el fin de poder recoger aquello que el croquis, la fotografía u otro sistema de registro no destaca de forma directa.

La pieza de hormigón, fabricado en el laboratorio, tuvo las siguientes características, dosificación: a/c 0,5, CEM kg/m³, agua 180 Kg/m³, arena 1238 Kg/m³ grava 694 Kg/m³, consistencia blanda, de medidas 60 x 20 x 7,5 cm de espesor. Se utilizó una cámara termográfica Flir i5.

Luego se penetró agua a la pieza de hormigón según la norma UNE-EN 12390-8, "Ensayo de hormigón endurecido", Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión. Esta consiste en introducir el agua en la pieza de hormigón a una presión de 500 kPa durante 72 h. Posteriormente la pieza se dejó 24 h a temperatura ambiente para que desaparezca la humedad en la superficie. Por medio de posteriores pruebas destructivas realizadas a una muestra de hormigón, sabemos que la penetración final alcanzó los 3 cm, siendo de forma esférica, como se observa en la fig. 5. a.

El procedimiento utilizado para realizar la toma de imágenes con la cámara termográfica, es la "termografía activa pulsada en largos períodos". Esto consiste en que la toma de imágenes termográficas se van comparando luego de aplicar el aumento de calor, durante un tiempo determinado. Se realizó una serie de 7 mediciones de la pieza con inyección de agua. Se utilizó un sólo foco de 500 W de potencia ubicado a 0,68 cm de la muestra, como se ilustra en la fig. 5. b. La medición con la cámara termográfica se programó a los 0, 5, 15, 25, 35, 45 y 70 min.

Las imágenes están tomadas a una distancia de 0,68 m y se componen de tres tomas: dos en los costados y una central, que en su conjunto completan la imagen total de la pieza (fig. 5.c)

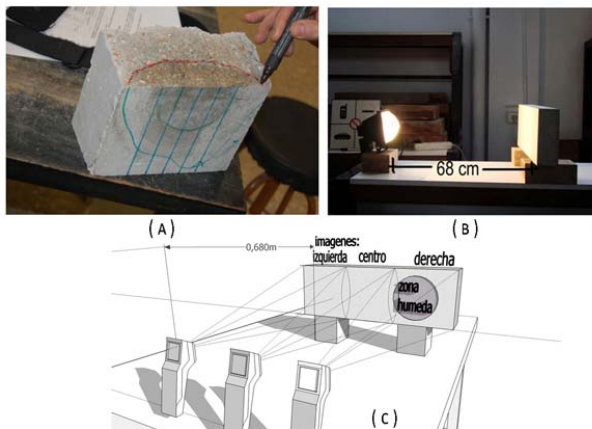


Fig. 5. (a) Probeta de hormigón, se ha realizado una prueba destructiva para saber cuánto es la penetración de agua en la muestra. (b) Distancia entre foco y muestra de hormigón. (c) toma de imágenes realizadas: izquierda, centro y derecha.

Por medio de los termogramas se verificaron las condiciones ambientales del laboratorio, comenzando por la temperatura. Se debe señalar que los valores de temperatura corresponden de temperatura aparente, debido a los constantes cambios de temperaturas que existen en el medio ambiente producto de la transferencia de calor entre los cuerpos en busca del equilibrio térmico.



De la toma de registros se obtuvieron los siguientes resultados. Al inicio de las pruebas, donde aun no se aplicaba una fuente de calor para aumentar los diferenciales de temperatura entre zona húmeda y seca. Las tomas realizadas fueron: **imagen izquierda**, la más alejada de la zona húmeda. **Imagen centro**, la zona seca más cercana a la zona húmeda. **La imagen derecha** corresponde a la zona húmeda (Fig. 7). Las temperaturas al inicio a temperatura ambiente eran de 14°C y 16,3°C en zonas secas y de 15,8°C en zona húmeda. Luego de aplicar durante 70 minutos una fuente de calor exterior las diferencias de temperatura aumentan a 25,9°C y 34°C, en zonas seca y quedando en 21,9°C, en la zona húmeda, dando un diferencial de 12,1°C entre la zona húmeda y la zona donde se le aplicó calor de forma directa. (fig. 6). Por otro lado el cambio en los termogramas no es suficientemente claro, por lo cual es necesario un análisis posterior de las imágenes, para poder detectar las diferencias de temperatura. (fig. 7)

Gráfico comparacion entre las zonas secas y húmeda.

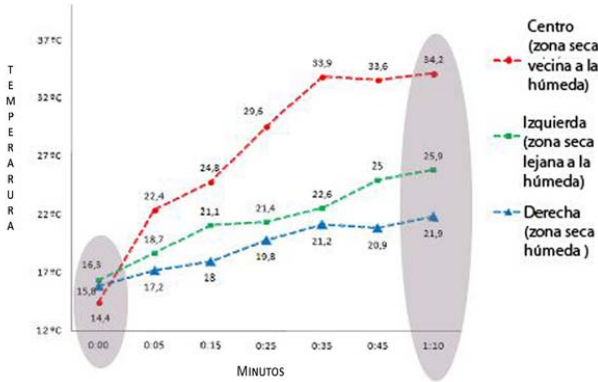


Fig. 6. Grafico de cambios de temperaturas en las 3 zonas de la pieza de hormigón.

Imagen iniciales sin aplicar calor. minuto 0:00 h

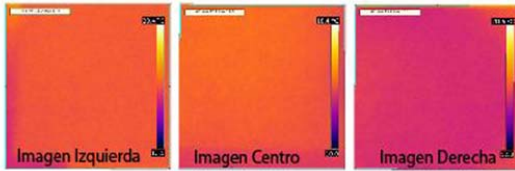


Imagen finales, aplicado el calor. minuto 1:10 h

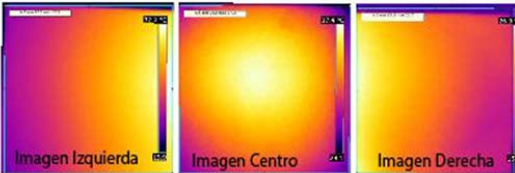


Fig. 7. Termogramas de la pieza al inicio y final del experimento.

Los resultados de los registros obtenidos sobre la pieza de hormigón, se mantuvieron sobre temperaturas y humedades relativamente constantes, solo se introdujo un factor diferencial, que fue la aplicación de calor por medio de una fuente externa.

Las pruebas realizadas en estado natural no revelaron indicación de humedad debido a lo similar de las temperaturas entre las zonas secas y húmedas. Las diferencias entre las zonas secas y húmedas llegaron a ser alrededor de 12°C después de 35 min de aplicar calor sobre la superficie.

Se obtuvo que la cámara utilizada para esta etapa, la Flir i5, registraba a la distancia de 0,6 m, una imagen compuesta por un tamaño de pixel de 0,76x0,76 cm, dando un total de 576 pixeles por imagen. Lo cual asegura un grado de fiabilidad en el comportamiento térmico de la imagen.

Por otro lado la imagen derecha de la pieza, que es donde está la zona húmeda, presenta el mayor contraste de temperatura. En la fig. 8, se ve la misma toma, con diferentes termogramas, la temperatura máxima es de

26,9°C y la mínima es de 15,4°C. En cada el tipo de termograma se puede ver :(a) el comportamiento creciente de la temperatura del color mas azul al amarillo, en el caso (b) se presentan en forma opuesta las zonas de mayor temperatura (color rojo) y las de menor (color azul) o la de contraste (c), donde cada 1 grado de temperatura cambia a un color opuesto al anterior.

TERMOGRAMAS DE PIEZA DE HORMIGON CON ZONA HUMEDECIDA:



Fig. 8. Imagen derecha, que refleja la zona humedecida. En cada una de las imágenes se ve la misma temperatura pero con diferentes gama de colores.

Estos tipos de termogramas expresan diferentes formas de representar las condiciones térmicas de un elemento. La diferencia entre ellos depende del tipo de uso que se pretende dar. En el caso de una representación espacial. La imagen con degradado, tiene ventajas porque realiza un mapa térmico de una escena con la lógica que las zonas frías tienen colores más azules y las zonas cálidas mas rojas. Y entre ellos van cambiando suavemente hasta llegar a las temperaturas extremas.

CONCLUSIÓN

Sin duda el uso de la termografía permite encontrar nuevas características sobre el espacio que analizamos y construimos. La propuesta de este trabajo fue ampliar el campo de aplicación de esta técnica, realizando una revisión histórica de las representaciones arquitectónicas.

El uso de la termografía puede ampliar la comprensión del entorno. Además permite tomar registro a tiempo real el comportamiento térmico de los espacios. Estos datos pueden dar un conocimiento que permite mejorar futuros diseños.

Por medio de esta investigación se da cuenta que la situación térmica de una pieza de hormigón en estado húmedo es posible de ser percibida por la cámara termográfica a pesar que esta no sea notoria en la superficie. En el apartado experimental se observa que las temperaturas más bajas de las imágenes registradas corresponden a las zonas humedecidas. Los datos arrojados en laboratorio sobre la pieza de hormigón podrían alcanzar diferenciales de 12°C entre zonas secas y húmedas. Siempre cuando se aumente el diferencial de temperatura al elemento estudiado, esto puede ser de forma natural (soleamiento) o artificial.

BIBLIOGRAFÍA

BENJAMIN, Walter, 1931, *A short history of photography*, seminario Die Literarische Welt.

BORDEN, Iain, 2007, *Imaging architecture: the uses of photography in the practice of architectural History*, *The Journal of Architecture*.

DE LA PUENTE J., Rodríguez J. , 2004, *Inspección termográfica de fachadas de edificios. Comentarios a la norma europea EN 13187*. Congreso Ibérico de aislamiento térmico y acústico, Gijón, España.

Gene W., McDaniel, Arthur P., Di Mattia, 1962, *Inspecting Infrared Optical Materials and Systems by Means of the Evaporograph*, *APPLIED OPTICS*, Vol. 1, 483-492.

GÓMEZ-BLANCO PONTES, Antonio J, 2008, *Propedéutica para una análisis documental del dibujo de arquitectura*, Editorial de la Universidad de Granada, pp.11-23



GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, Daniel, 2006, *Contribuciones a las técnicas no destructivas para evaluación y prueba de procesos y materiales basadas en radiaciones infrarrojas*, Universidad de Cantabria. Tesis dirigida por José Miguel López Higuera.

GONZÁLEZ-VARAS IBÁÑEZ, Ignacio; 2010, *La infografía como herramienta docente en arquitectura: su utilización como instrumento para reconstrucciones virtuales, análisis constructivos y estructurales y documentación de la evolución histórica de los edificios*, II Jornadas sobre la enseñanza de las ciencias y las ingenierías.

GUNTHER, Hubertus, 1994, *catalogo della Mostra Rinascimento - da Brunelleschi a Michelangelo*, Venezia, Palazzo Grassi,

POZO, José Manuel, 2002, *Geometría para la arquitectura*, Escuela Superior de Arquitectura. Universidad de Navarra, Pamplona

VITRUBIO traducida por Agustín Blánquez, M.L., 2000, "Los diez libros de arquitectura", ed. Iberia, S.A. , Barcelona

ZEVI, Bruno, 1981, *saber ver la arquitectura*, Ed. Poseidon, Madrid.

EL DIBUJO A MANO ALZADA COMO MÉTODO PARA LA COMPRESIÓN DE LA ARQUITECTURA VERNÁCULA

José FORNIELES LÓPEZ
Fernando FARGUETA CERDÁ
Julio Enrique TAPIA GÓMEZ

Universidad Politécnica de Valencia

RESUMEN

En esta ponencia se pretende dar a conocer la importancia del dibujo a mano alzada para la comprensión de la arquitectura vernácula. Esta técnica permite al arquitecto realizar una toma de datos *in situ* que ayuda a entender las construcciones del estudio. Así pues, en la toma de datos de campo, resulta más sencillo hacer un apunte manual donde poder anotar las cosas, que no realizar un dibujo a ordenador. Este sistema permite la representación de la arquitectura popular, dotándola de texturas que ayudan a la comprensión de los sistemas constructivos del elemento de estudio.

"El más pequeño de los croquis me dice mucho más que el más largo de los informes".
Napoleón Bonaparte.

Como cita Jacques Bertin en su libro *Sémiologie graphique* (1967, p.6) "la representación gráfica forma parte de los sistemas de signos que el hombre ha construido para retener, comprender y comunicar las observaciones que le son necesarias. Como lenguaje destinado a la vista, disfruta de las propiedades de ubicuidad de la percepción visual. Como sistema monosémico, constituye la parte racional del mundo de las imágenes". De este modo el dibujo a mano alzada se convierte en la mejor herramienta para la comprensión de estas arquitecturas, y a su vez ayuda a deducir muchos aspectos evolutivos y funcionales.

A continuación se examinarán varias técnicas empleadas para la elaboración de este tipo de dibujo, diferenciando entre las diversas tipologías (el boceto, la toma de datos o medidas, el dibujo a escala, etc.) y atribuyendo a cada una de éstas su uso y sus preferencias.

En este estudio se busca analizar la importancia del dibujo a mano alzada, el cual está siendo eclipsado por las nuevas tecnologías que en ocasiones resultan insuficientes para la catalogación y la comprensión de algunos trabajos de investigación. Se examinarán tiempos de trabajo, resultados y materiales empleados, así como la belleza de estas obras que poco a poco van desapareciendo.

Con esta publicación también se pretende remarcar la importancia del aprendizaje de estas técnicas a lo largo de la carrera de arquitectura, así como en otros estudios relacionados. Se quiere magnificar la belleza del dibujo a mano alzada frente a la frialdad del dibujo técnico. Finalmente, se desea potenciar un método de representación gráfica preciso que puede ayudar a la formación de alumnos universitarios, así como a la comprensión del análisis de los trabajos constructivos.

Para facilitar el entendimiento del lector, el estudio se dividirá en varios apartados en los que se analizarán en profundidad cada uno de los detalles y conceptos necesarios para poder obtener unas conclusiones objetivas y de calidad.

LA ARQUITECTURA VERNÁCULA Y LA IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE LA MISMA

Con el transcurso de los años el estudio de la arquitectura ha ido pasando "del tesoro histórico-artístico al patrimonio histórico cultural; además de lo monumental y antiguo se considera también patrimonio lo tradicional y popular, lo vernáculo". Con estas palabras Antonio L. Díaz y Alfonso L. Montejo (2006, p. 441) explican que, hasta hace poco tiempo, se ha considerado patrimonio la arquitectura de grandes dimensiones y la palaciega. Poco a poco, se están llevando a cabo catalogaciones de una arquitectura popular, la cual deja testimonio histórico de las zonas estudiadas.

El historiador Antonio Durán Gudiol al hablar de arquitectura popular la define como una arquitectura funcional, es decir, construcciones que fueron levantadas por extrema necesidad con un fin concreto y determinado²³. Del mismo modo Acín Fanló (2006, p. 604) explica que éstas fueron erigidas, en muchas ocasiones, por los propios habitantes: "Las personas encargadas de realizarla, por lo general, son individuos salidos del propio

²³ "El fin de la arquitectura popular es el de satisfacer necesidades materiales, es decir, cobijar las diversas actividades del hombre".



grupo, los cuales ejecutan sus proyectos no llevados por la idea de arte, sino más bien por la habilidad, tino y adecuación hacia un fin establecido". Con esto no se pretende decir que el personal que realizaba estas obras era gente no especializada. Estos solían ser obreros de *vila*²⁴, picapedreros, carpinteros, herreros, etc. que eran los artesanos locales que se dedicaban a estos oficios y que habían aprendido su trabajo gracias a la experiencia cotidiana.

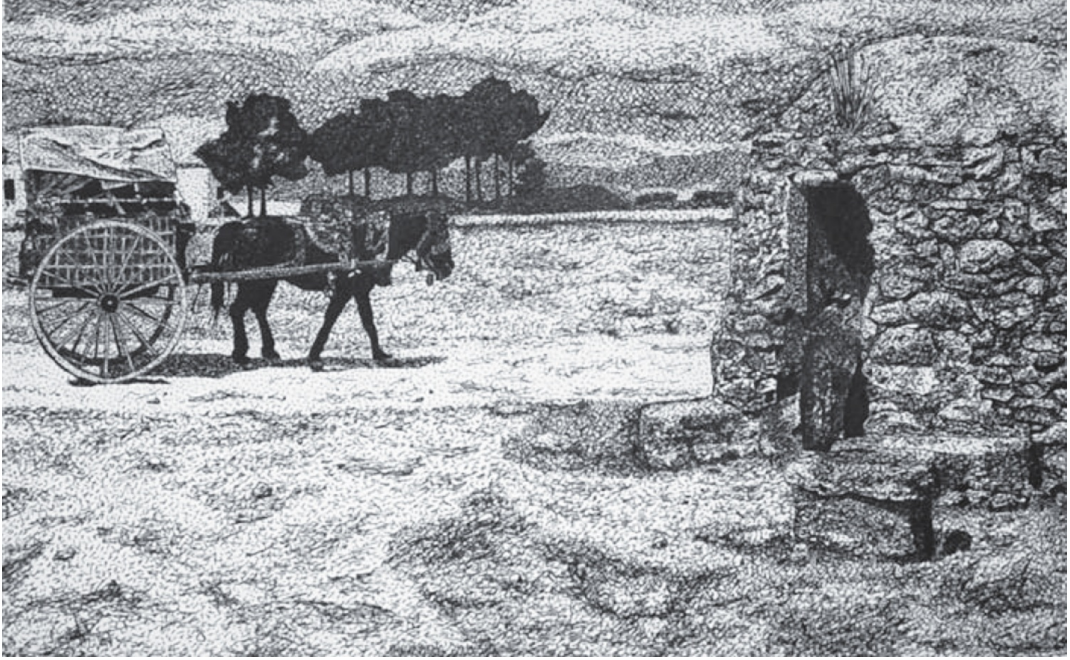


Fig 1. En esta imagen se puede apreciar el entorno rural de la localidad de Llíria. A mano derecha se aprecia un *catxirulo*, también conocido como Bombo, caseta de piedra, etc. Se trata de un claro ejemplo de arquitectura vernácula, pues es una construcción funcional y aprovecha el material que le aporta el entorno próximo. 2010. Imagen de José Fornieles López, extraída del artículo "El *catxirulo* y el aljibe, arquitectura de alta montaña", de la revista AGRÍCOLA.

Los investigadores, Juan Agudo y Nieves Santiago (2006, pp. 23-26), opinan que a nivel conceptual los términos arquitectura tradicional y arquitectura vernácula son equivalentes. Así pues, "el modo como unos materiales, generalmente extraídos del entorno natural, y técnicas constructivas, adquiridas bien por procesos evolutivos endógenos o por préstamos culturales, han servido para dar respuesta a las necesidades físicas y sociales de un colectivo, generando modelos arquitectónicos (técnicas constructivas, diseños espaciales y resultados estéticos), con unos logros originales en razón de la experiencia histórico-cultural y adaptaciones ecológicas propias de cada territorio". Estos mismos opinan que el valor de esta arquitectura "radica en su condición de verdaderos textos documentales (valoración etnológica), que nos hablan del pasado y del presente, de la evolución de una colectividad, de cómo ha resuelto sus necesidades materiales y espirituales, y de cómo se han articulado los diferentes sectores sociales". Desde el punto de vista arquitectónico, su valor también se encuentra en las técnicas constructivas, las tipologías y la evolución que ha podido sufrir, evolución de los materiales empleados, etc. Todo esto hace interesante el estudio de estas construcciones que poco a poco van desapareciendo y con ellas la identidad de su pueblo y su gente.

Por este motivo, en la actualidad, muchos investigadores se centran en la catalogación y en el análisis de esta arquitectura que se encuentra en peligro de desaparición. Dentro de estas construcciones se hallan masías, alquerías, cachirulos, molinos, barracas, casas de pueblo y todas aquellas edificaciones que se hicieron para el uso rural.

²⁴ El concepto *obrero de vila* es el nombre que reciben los obreros locales en muchas localidades valencianas.

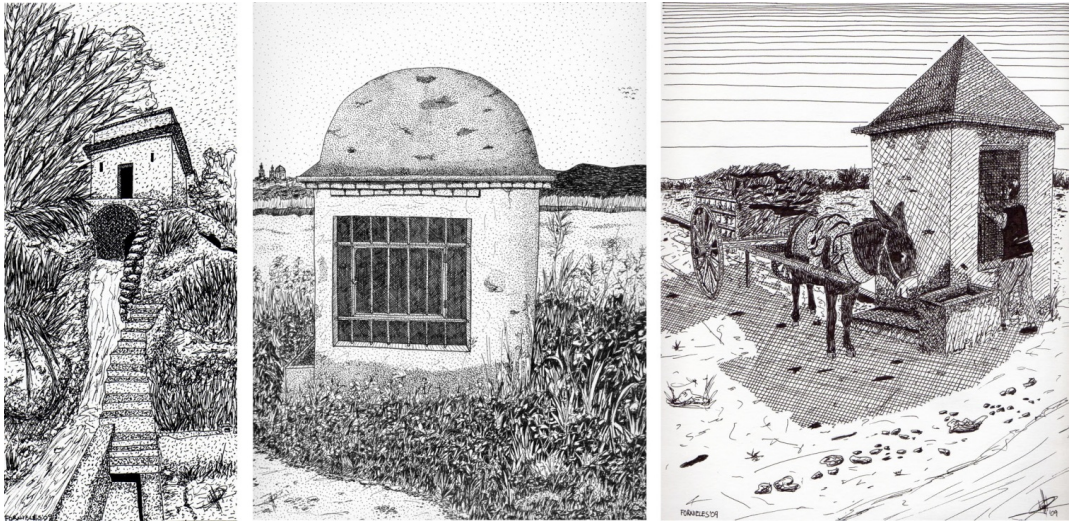


Fig 2, 3 y 4. Tres claros dibujos de arquitectura vernácula. De izquierda a derecha: Castillo de agua que servía para defender el agua de las acequias en la zona de els Pobles Castell. Pozo de agua con cubierta en cúpula. Pozo con cubierta piramidal a cuatro aguas. 2010. Dibujos de José Fornieles López, extraídos del libro "Els pobles edetans parlen els uns dels altres", páginas 5, 225 y 247, respectivamente.

IMPORTANCIA DEL DIBUJO A MANO ALZADA EN LA TOMA DE DATOS

Cuando se habla del dibujo para la toma de datos, se está discutiendo acerca del dibujo previo. Tal y como lo describe Concepción López (1998, p. 173), éste tratará de captar una realidad existente y representada como fruto de una apreciación visual, que debe ser subjetiva e intencionada

Por lo general, a este tipo de dibujo se le conoce como croquis, y éste pretende transmitir un mensaje de carácter informativo sobre la forma, la composición y las características de una arquitectura ya edificada.

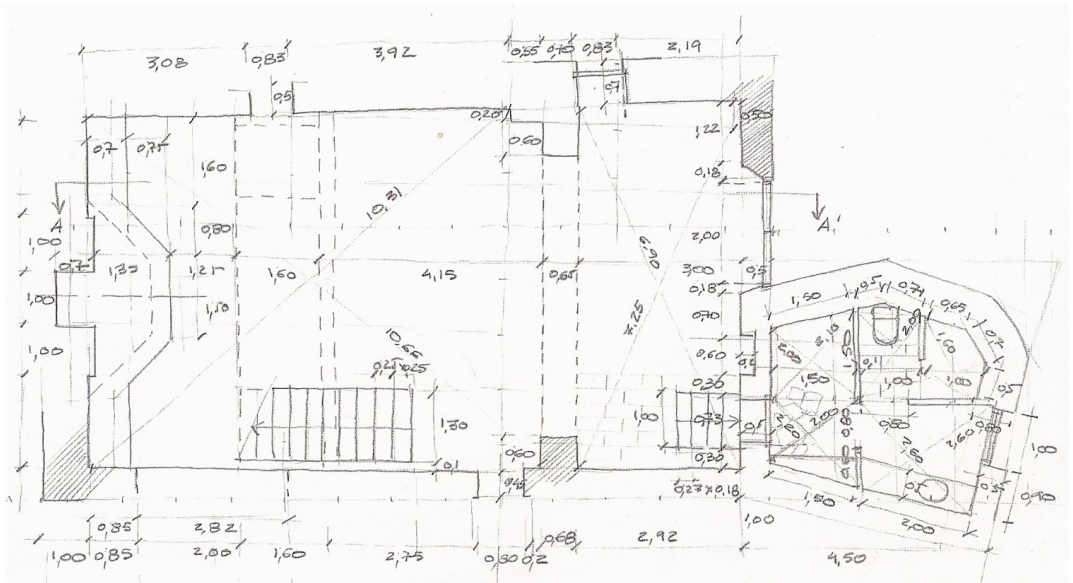


Fig 5. Croquis acotado de una vivienda tradicional de pueblos. En esta imagen se puede apreciar una técnica poco depurada, pero que cualquier técnico es capaz de interpretar. 2007. Dibujo extraído del libro "Dibujo a mano alzada para arquitectos", p. 85.



Si hablásemos con cualquier técnico/arquitecto, seguramente la mayoría de ellos, coincidirían en que el croquis ha de ser un dibujo manual y sin una excesiva perfección estética, aunque sí con la suficiente como para que sea comprensible por cualquier colega del gremio.

De cualquier modo, según palabras de Concepción López (1998): "La finalidad del croquis es dar una idea exacta de algo, a fin de que nos pueda servir de punto de partida para la posterior realización de los planos a una escala determinada". Se trata de una técnica, que al igual que el boceto, aporta mucha versatilidad, rapidez, expresividad (MONTES 2008, p. 599) y, además, es una solución muy económica y practica. Del mismo modo, la validez del dibujo a mano alzada radica en su facilidad, su flexibilidad e inmediatez.

El sistema más empleado, para representar estos dibujos, es el "diédrico de representación". Éste permite la indicación gráfica de las dimensiones, la definición exacta del modelo y se trata de un lenguaje gráfico que puede ser fácilmente interpretado por terceras personas ajenas al realizador del croquis.

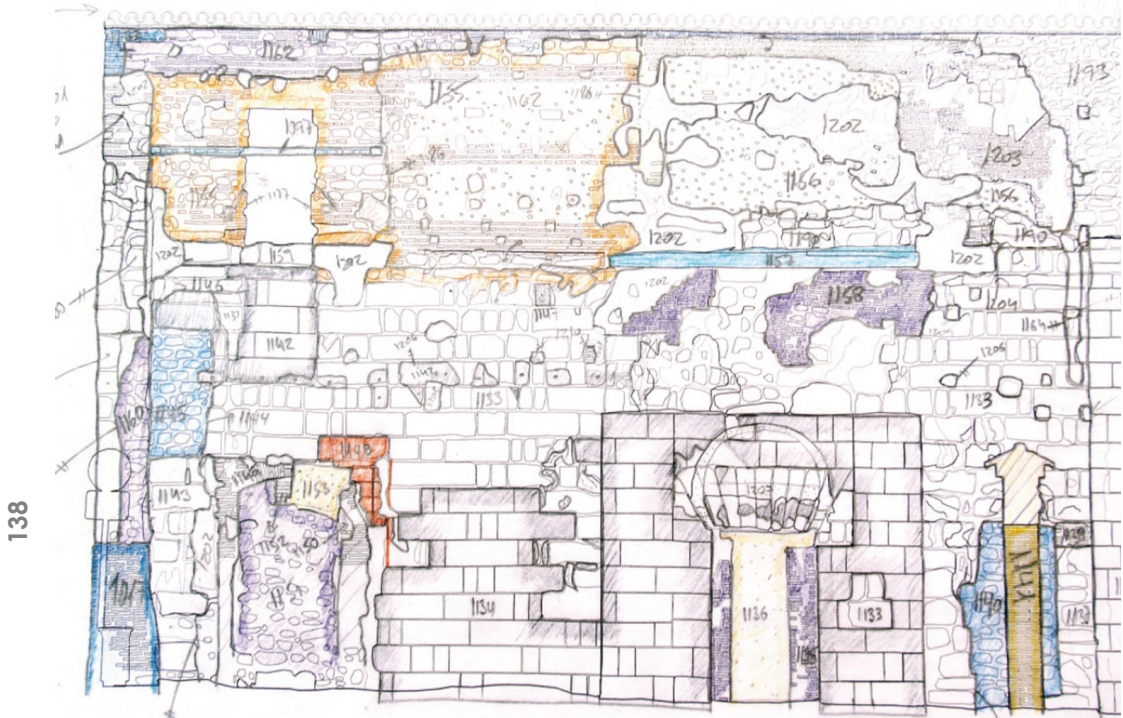


Fig 6. Croquis murario de campo que muestra las superficies que se reconocen en el alzado norte de la iglesia de Santa Clara en Córdoba. 2006. Dibujo de Caballero Zoreda (CSIC), extraído del libro "Arqueología aplicada al estudio e interpretación de edificios históricos. Últimas tendencias", y que se encuentra dentro del artículo "La conservación del tiempo en la restauración: El proyecto estratigráfico" de Pablo Latorre González-Moro, p. 41.

Los parámetros generales en los que se basa la metodología del proceso de realización de un croquis son: 1. Trazado correcto de las líneas que componen el croquis. 2. Proporcionalidad entre el modelo y el dibujo. 3. Fidelidad a la forma del modelo. 4. Definición exacta y total del elemento. 5. Acotación correcta (LÓPEZ 1998, pp. 17-18).

De este modo, la realización de un dibujo para la toma de datos de una construcción vernácula siempre se ejecuta con una representación a mano alzada. A ningún técnico se le ocurriría hacer una toma de datos con un ordenador, empleando cualquiera de los programas actuales del mercado. Esto generaría un elevado incremento de tiempo en la operación, además de que no proporcionaría datos concretos de muchos detalles que son más fáciles de definir en un dibujo manual, tales como humedades, desconchados, grietas, etc.

Así pues, también hay que remarcar la importancia de la calidad del trazo y de la proporción del dibujo, pues en muchos trabajos de investigación sobre arquitectura popular, quedan pendientes de pasar a limpio muchos de los dibujos que se realizaron. Con un croquis fiel a la realidad y con unos datos claros, ese trabajo que no ha sido aprovechado podrá volver a recuperarse en futuros estudios.

DIBUJO A MANO ALZADA EN LA CATALOGACIÓN DE ELEMENTOS ARQUITECTÓNICOS

Del mismo modo que anteriormente se ha hablado del croquis, ahora se tratará el dibujo definitivo. Concepción López (1998, pp. 173-174) lo define como "aquel que se realiza tomando como origen la información del dibujo previo. Su función es la de dimensionar y definir geoméricamente las imágenes del pensamiento capturadas en el croquis".

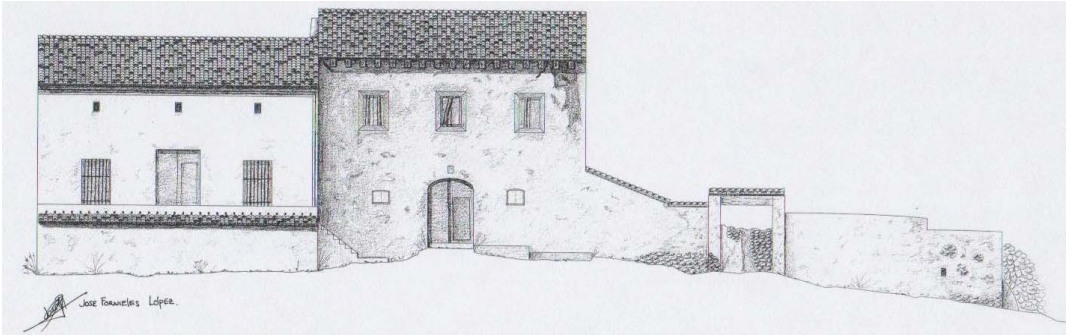


Fig 7. Fachadas de las dos edificaciones del mas del Baixò. En este dibujo se puede diferenciar las patologías existentes en la edificación así como la diferencia morfológica entre las dos viviendas. 2005. Dibujo de José Fornieles López, extraído del estudio para su tesis doctoral sobre construcciones vernáculas de Benaguasil.

Para la realización del dibujo definitivo a mano alzada se precisa mucha destreza en esta técnica. Quizás por este motivo muchos arquitectos deciden optar por el empleo del ordenador en lugar del sistema tradicional. En algunas ocasiones, dentro de un grupo de trabajo, existen una o varias personas que tienen un elevado dominio en determinados programas de diseño gráfico. Éstos son capaces de realizar unos impecables dibujos a ordenador contando, únicamente, con un croquis acotado que toma un compañero o él mismo. Pero esto puede convertirse en un arma de doble filo, pues el dibujo puede presentar un aspecto formidable, pero la información que se está proyectando no es del todo la correcta. Se trata de unos errores que no se corrigen aunque el dibujo esté hecho de un modo manual, pero si el dibujo definitivo se ha hecho a pie de obra, será mucho más verídico, que no el que se ha confeccionado en un despacho días después de la toma de datos.

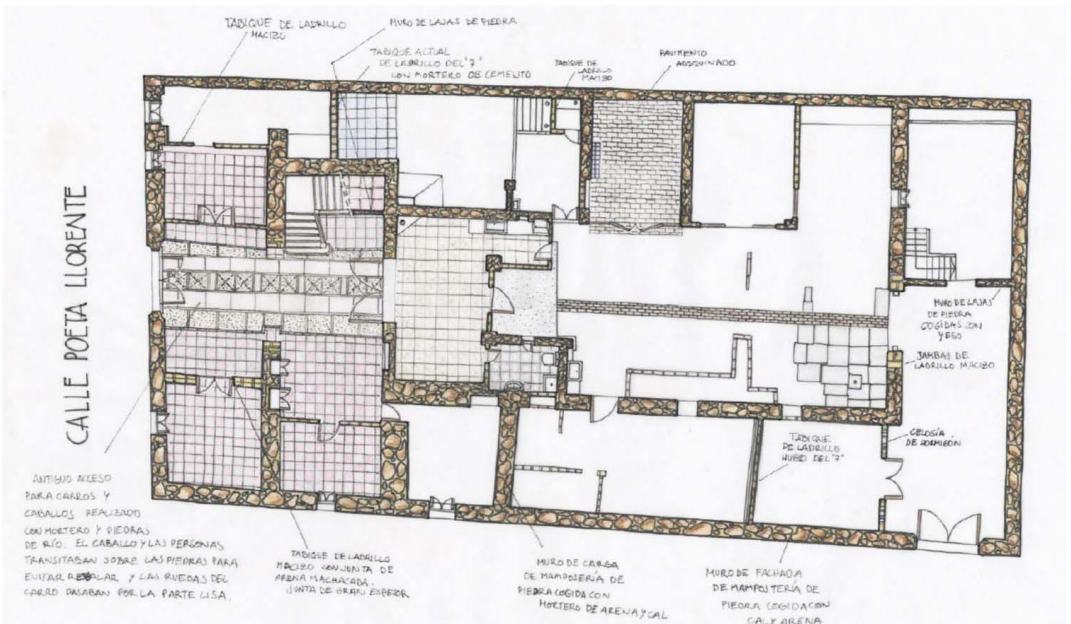


Fig 8. Dibujo definitivo de planta de una vivienda tradicional de pueblo. En la imagen se pueden diferenciar los distintos materiales y pavimentos que tiene el edificio. 2004. Dibujo de José Fornieles López, extraído de un análisis de una construcción tradicional



De este modo, una persona dotada de una buena mano para dibujar está capacitada para realizar un dibujo definitivo a mano alzada *in situ*, es decir, esta persona no precisará la realización de ningún croquis, pues la función de éste ya no es necesaria. Con esta práctica se gana tiempo, ya que se elimina uno de los pasos de la ejecución del dibujo definitivo, y a su vez no hay pérdidas de información o malinterpretaciones respecto al elemento construido real, dado que la información definitiva es la que plasma el mismo receptor de la imagen. Así pues, tal y como comenta Jorge Sainz (2005, p. 102) sólo a partir de una documentación gráfica dotada de un alto grado de fidelidad se pueden realizar análisis de todo tipo que puedan aportar algunas conclusiones.

El primer dibujo de arquitectura que ha llegado hasta nuestros días es un dibujo resuelto de un modo manual y se remonta a principios del siglo IX. Se trata la planta del monasterio de St. Gallen, en Suiza. Al igual que ocurre con esta famosa planta, en su origen el de arquitectura únicamente se empleaba con el fin de conseguir la ejecución material del proyecto. Por lo que hace al levantamiento arquitectónico (sobre edificios existentes), éste tuvo su origen en el interés de los arquitectos renacentistas por las ruinas romanas, pero con el tiempo se extendió a todo tipo de arquitecturas, con la intención de conservar una completa documentación gráfica de los edificios considerados de algún interés (SAINZ 2005, p. 93). Esta predilección por la arquitectura culta ha ido evolucionando y con el paso de los años ha surgido una nueva rama de investigación e interés, que analiza aquellas construcciones no monumentales, entre las que se encuentran las vernáculas o populares.

Tal como cita Jorge Sainz (2005, p. 71): "Como imagen representativa, el dibujo de arquitectura posee ciertos atributos lógicos. Se trata de las propiedades reflexiva, antisimétrica y transitiva". Esto hace que el dibujo de arquitectura sea la mejor opción para la comprensión y el análisis de las arquitecturas vernáculas.

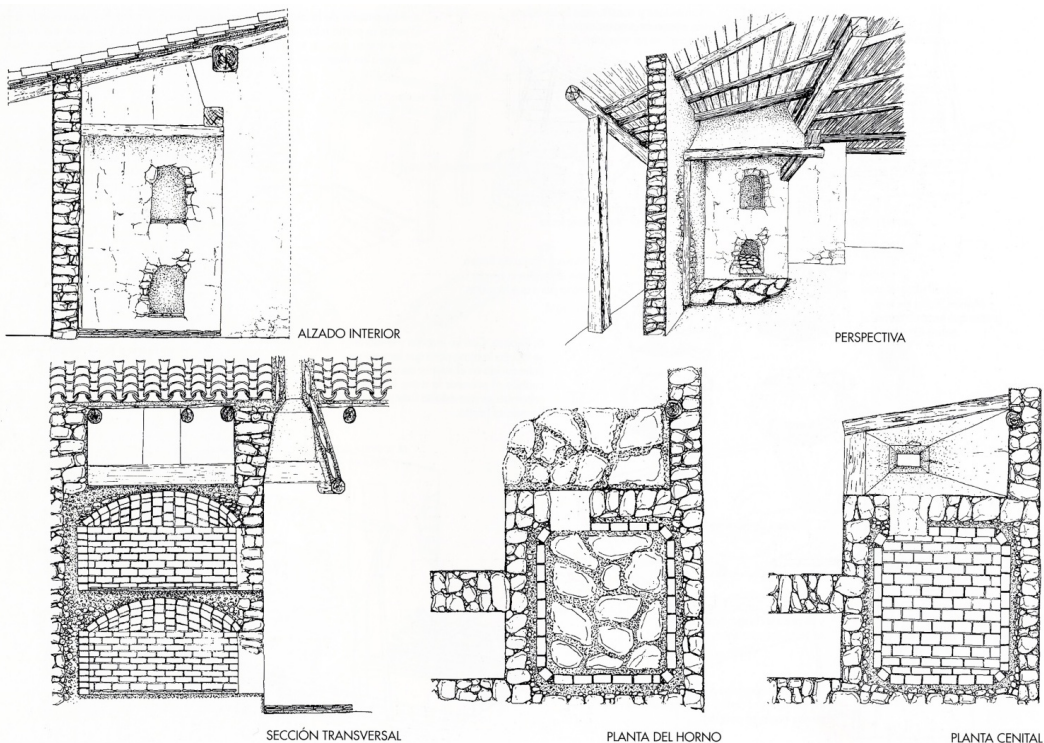


Fig. 9. Dibujo definitivo que representa un horno de pan en Castielfabib. En esta imagen se puede apreciar un dibujo con una técnica muy depurada, que hace mucho énfasis en las texturas del conjunto. Con ello se pretende dar a entender el conjunto estructural y constructivo del elemento arquitectónico. 2008. Dibujo extraído del libro "Homo faber", p. 188.

Cuando éste se realiza a mano alzada, permite la toma de datos tanto del conjunto de la obra, como de determinados detalles sobre los que se desea puntualizar. Con una cámara fotográfica también es posible captar el conjunto y el detalle de una construcción, pero a diferencia del dibujo el resultado no demuestra los conceptos e ideas interpretados por el profesional. Así pues, una imagen tomada desde una cámara puede tener diferentes interpretaciones dependiendo del receptor, de este modo sus conclusiones están condicionadas por su formación, su punto de vista, su zona geográfica, etc. Mientras que el investigador y conocedor de la arquitectura en cuestión, mediante un dibujo podrá representar aquellos elementos que son

inapreciables a ojos del desconocedor. Por lo tanto se hace trabajar el conocimiento del receptor a la vez que se transmite un mensaje correcto. De este modo se puede afirmar que los dibujos transmiten las percepciones y conocimientos que el autor es capaz de advertir gracias a su juicio y, a su vez, son un potente instrumento de formación y transmisión difícilmente mejorable con otros medios.

Federico Zuccari, en su libro "*L'idea de'scultori, pittori e architetti*" (1607), desarrolla el concepto de diseño arquitectónico. Éste concibe el diseño como algo constituido por dos componentes: el diseño interno, es decir, la idea que el artista tiene en su mente y que trata de comunicar al mundo; y el diseño externo, el dibujo o representación gráfica, que es la forma concreta en la que se reflejan las ideas anteriores (SAINZ 2005, p. 50).

Como se viene diciendo, el dibujo tiene una función comunicativa, ya que incluso se puede dialogar gráficamente; y también está claro que cuenta con procedimientos para captar la atención y mantenerla (lo que constituiría su vertiente apelativa). Pero si el emisor (el dibujante) manda un mensaje erróneo, o en el que los detalles no están bien especificados (dibujo), el receptor captará un aprendizaje incorrecto que puede marcar su formación o incluso su modo de actuar sobre el objeto analizado.

Roland Le Virloys (1770, pp. 491-492) consideraba que el dibujo debía de poseer ciertas cualidades para ser perfecto. Citaba las siguientes: "la corrección, el buen gusto, la elegancia, el carácter, la diversidad, la expresión y la perspectiva". Muchas de estas propiedades se consiguen mediante un buen grafismo, reforzado con texturas y tonos que acerquen al receptor a la apariencia real del elemento analizado. De este modo, el dibujo arquitectónico será capaz de reflejar desde las totalidades más complejas hasta los detalles más sencillos. Así pues, deberá reflejar todos y cada uno de los valores, categorías y dimensiones que son propios de la arquitectura.

Según Jorge Sainz (2005, p. 61), el dibujo arquitectónico es un dibujo que reúne una serie de características:

- Es una imagen o una serie de rasgos que componen una figura reconocible de carácter ideogramático.
- Es una superficie lisa: no tiene relieve.
- Su contenido ha de ser primordial y eminentemente arquitectónico.
- Ha de tener una finalidad arquitectónica y debe estar realizado con una técnica que permita alcanzar ese propósito.

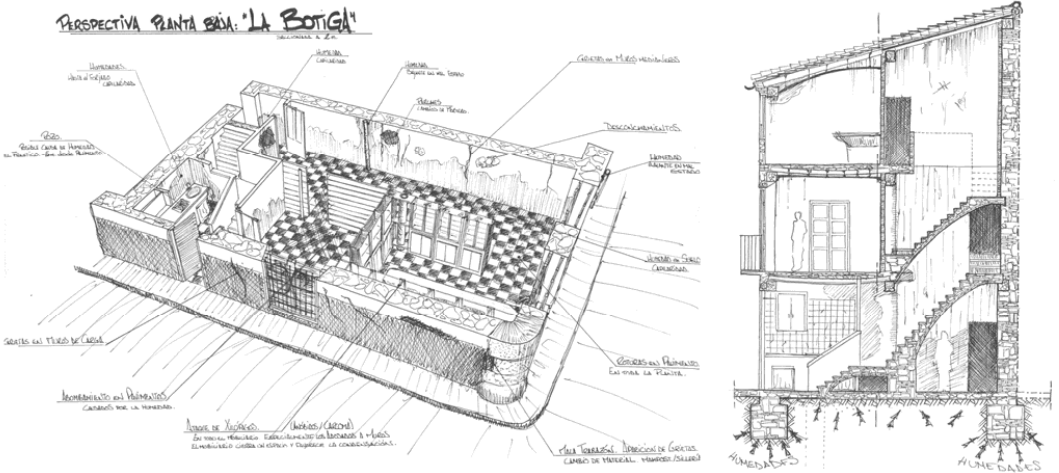


Fig 10 y 11. Izquierda, sección en perspectiva de una vivienda que muestra el estado real así como sus patologías. Derecha, sección de la misma vivienda. 2004. Dibujos de Joan Santamaría extraídos de un trabajo universitario sobre una casa de pueblo.

Al igual que ocurría con el croquis, el dibujo arquitectónico también se ha de realizar en diédrico, y si es posible acompañarlo con abundantes secciones y detalles. Rafael Alberti (1974, p. 362) decía:

"Así pues, el dibujo de los edificios se divide en tres partes, de las cuales la primera es la planta, es decir, el dibujo plano; la segunda es la pared de fuera con sus ornamentos; y la tercera es la pared de dentro, también con sus ornamentos".



Concluyendo el apartado "podemos asegurar que el dibujo arquitectónico, es un medio de representación gráfica rápido y eficaz, que además supone un importante medio de comunicación. Además es un nexo de unión entre pensamiento y realidad en el complejo mundo del proceso constructivo" (LÓPEZ 1998, p. 9). Es la herramienta que complementa al lenguaje (ya sea oral o escrito) para facilitar la comprensión de los elementos constructivos y, además, es cómoda, económica y relativamente fácil de realizar.

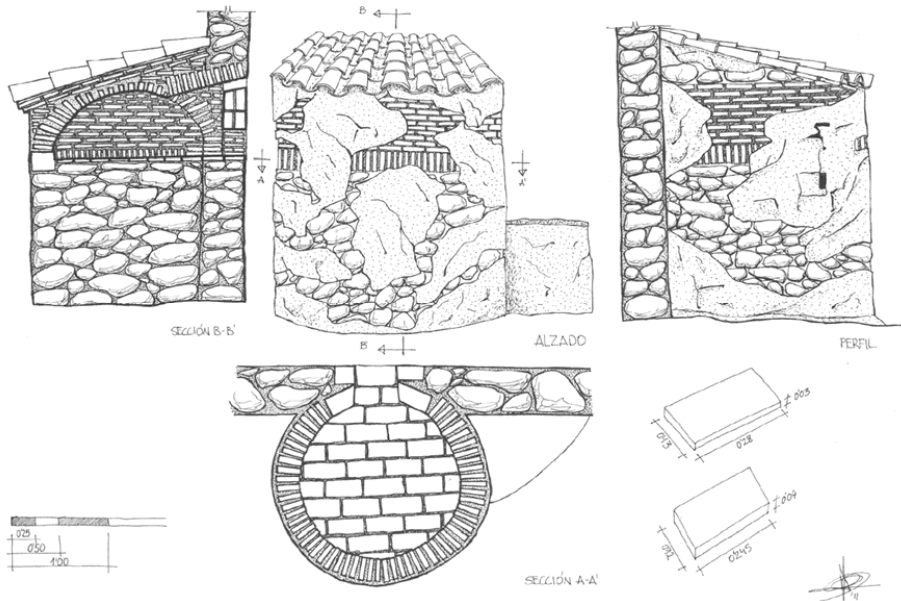


Fig 12. Detalle de un horno situado en el mas de Nòria de Benaguasil. Fachadas. En este dibujo se pueden diferenciar los distintos materiales que forman el horno, del mismo modo que se aprecia el estado de conservación del mismo. 2011. Dibujo de José Fornieles López, extraído del estudio para su tesis doctoral sobre construcciones vernáculas de Benaguasil.

DIBUJO A MANO ALZADA EN LA EXPLICACIÓN DE DETALLES Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS, ESTRUCTURALES Y DE PATOLOGÍAS

Una de las características específicas del lenguaje gráfico es su carácter universal e intuitivo. Precisamente por estar basado en la percepción visual y por utilizar signos icónicos, su lectura es más rápida y comprensible que un discurso verbal o escrito. Un sencillo esquema gráfico puede constituir en muchas ocasiones un razonamiento largo y complejo (SAINZ 2005, p. 29). Por este motivo, el dibujo a mano alzada es la mejor opción a la hora de analizar y estudiar sistemas constructivos, estructurales y patologías.

Como afirma Norberg Schulz (1979, p. 130), actualmente, "los instrumentos auxiliares del arquitecto son [...] mucho mejores que en el pasado. No sólo es posible realizar dibujos o maquetas de un modo técnicamente más perfecto, sino que esos nuevos instrumentos también permiten una nueva libertad formal". A pesar de este avance tecnológico el arquitecto continúa empleando el sistema tradicional a la hora de representar detalles constructivos. Este hecho se evidencia en el empleo de este sistema en la construcción de obra nueva e incluso en la misma obra, el técnico explica al constructor como se han de hacer las cosas, o como está resuelta la obra sobre la que se interviene.

No es de extrañar el elevado nivel pedagógico del dibujo a mano alzada, pues debemos recordar que ya el hombre de las cavernas se expresaba o dejaba testimonio de su contexto mediante el arte rupestre, lenguaje que fue muy anterior que el escrito. Así pues, se puede afirmar que la utilización del dibujo arquitectónico como medio de análisis, hace de éste una estupenda herramienta de investigación.

Para Luigi Vagnetti (1958, p. II), la importancia de la representación gráfica se centra en: "el desarrollo del pensamiento arquitectónico" y en "la formación y la investigación de los modos más adecuados para dar forma real a una intuición constructiva". De este modo se consigue un claro mensaje que puede ayudar a la toma de decisiones y a conclusiones que pueden ser fundamentales a la hora de hacer trabajos de investigación.

Entre los dibujos a mano alzada que van a interesar para estudiar la arquitectura vernácula se encuentran los dibujos analíticos de esquema. Estos "suelen ser gráficos de carácter sumario y sistemático que ponen de manifiesto alguna cualidad de la obra arquitectónica prescindiendo de las demás" (SAINZ 2005, p. 104). Se trata de una técnica que se emplea a menudo para dar a entender comportamientos estructurales o para sacar las proporciones de algunos elementos.

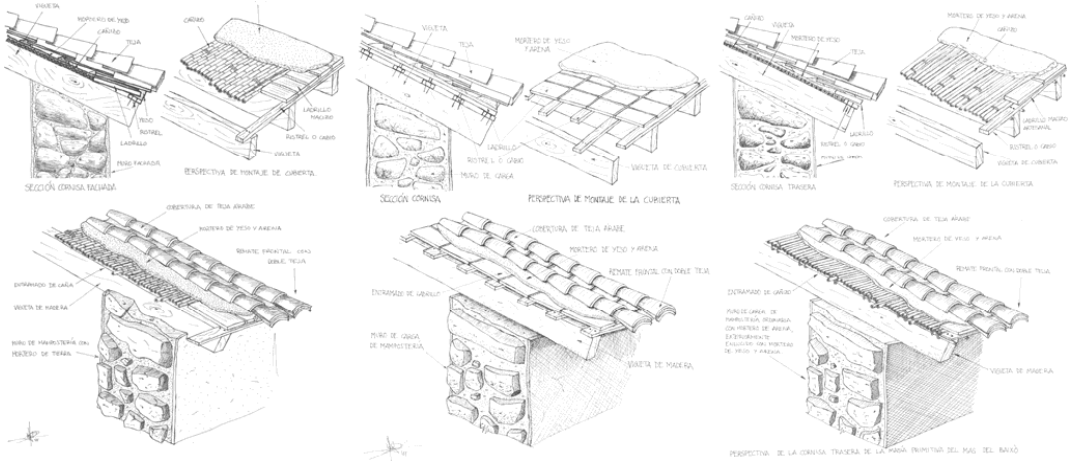


Fig 12, 13 y 14. Detalles constructivos de tres tipologías de cornisas de tres masías distintas. Gracias al despiece se pueden ver las diferencias constructivas, a la vez que se puede deducir el proceso de ejecución. En conjunto podrían constituir unos dibujos analíticos comparativos, por separado son detalles aclaratorios. 2010-2011. Dibujo de José Fornieles López, extraído del estudio para su tesis doctoral sobre construcciones vernáculas de Benaguasil.

Por lo que hace al estudio de las soluciones constructivas, se suele emplear dibujos analíticos comparativos. Según Jorge Sainz (2005, p. 104) "su cometido consiste en sacar conclusiones no de la organización de una estructura concreta, sino del parangón de dos o más estructuras similares". Se trata de un sistema muy utilizado para comprobar la evolución de las construcciones o simplemente para comparar distintas soluciones constructivas. Es una técnica muy potente en el campo de la investigación, dado que con un simple golpe de vista se puede contrastar cualquier edificación.

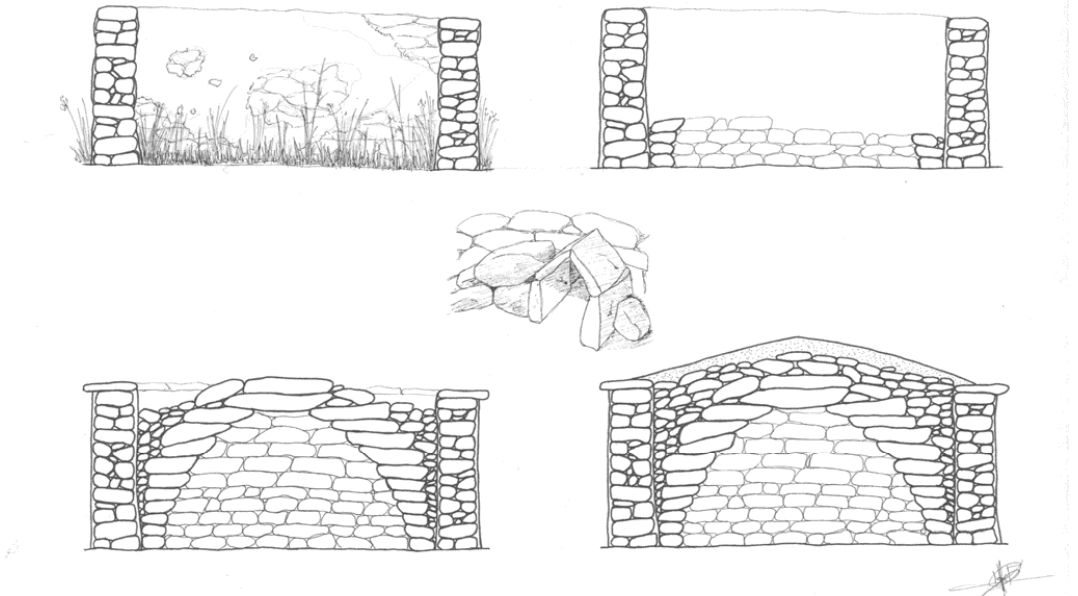


Fig 15. Dibujo de un horno de yeso que muestra las fases para la realización de una bóveda de piedra de aljef. Con este sencillo ejemplo resulta sencillo entender el funcionamiento y la ejecución de la cúpula. 2010. Dibujo de José Fornieles López, extraído del estudio para su tesis doctoral sobre construcciones vernáculas de Benaguasil.

Tanto en el dibujo de detalles y sistemas constructivos y estructurales, se emplea el sistema diédrico, reforzándose con perspectivas. En ocasiones una descomposición de un elemento constructivo en perspectiva es la mejor solución para que terceras personas entiendan el elemento de la construcción. También se utilizan perspectivas en las que se aprecia cómo se avanza en la ejecución de un elemento, de este modo se representa las distintas fases de ejecución. De cualquier modo, el empleo de un dibujo u otro dependerá del autor de los mismos, ya que éste será el que deberá decidir cuál es la mejor técnica para representar el elemento que está estudiando.

Por lo que hace a las patologías, estas se suelen representar sobre los dibujos hechos en diédrico. En estos aparecerán remarcadas y en ocasiones con anotaciones que indican aquello que no se puede apreciar en el dibujo. No suele ser habitual recurrir a perspectivas para representar las patologías, aunque a veces sí que se usan para remarcar cual es la fuente que origina este mal.

Recientemente, con el avance de las tecnologías informáticas, se emplea el sistema de la ortofotografía para identificar las patologías murarias de los edificios. Se trata de un sistema que ayuda en la ejecución del estudio murario. De cualquier modo, continua siendo preciso la toma de datos con dibujo manual *in situ*. Esta toma de datos manual todavía se puede apreciar en muchísimos trabajos de arqueología. Esto se debe, como se venía diciendo, a que es un sistema rápido y económico.

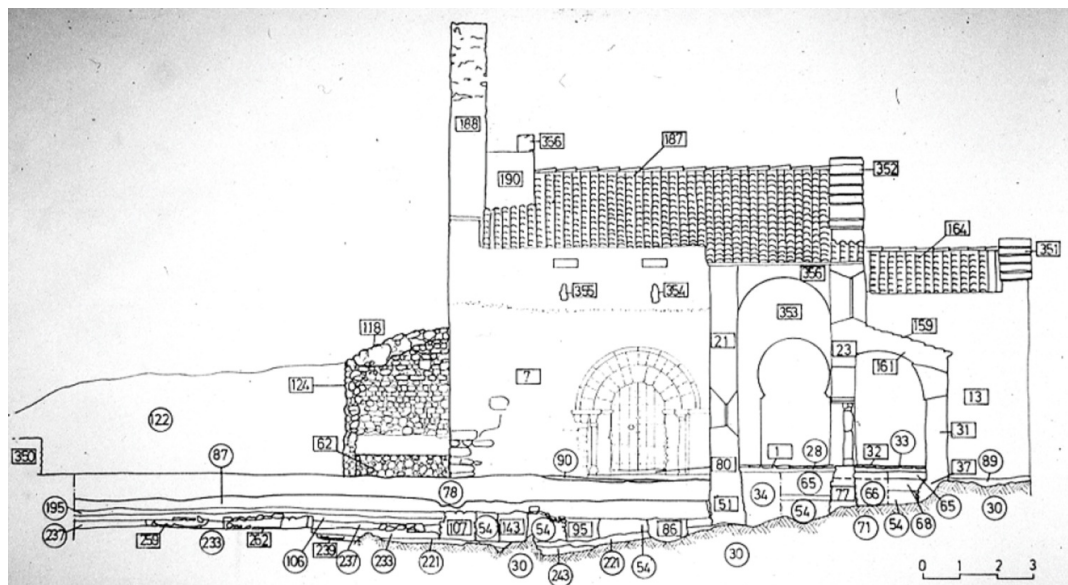


Fig 16. Sección arqueológica del subsuelo y de la fachada meridional de la Iglesia de Sant Quirze de Pedret (Cercs), con indicación de las unidades estratigráficas. 1989. Dibujo extraído del libro "Arqueología aplicada al estudio e interpretación de edificios históricos. Últimas tendencias", y que se encuentra dentro del artículo "La construcción de un método de interpretación en el patrimonio arqueológico edificado" de Alberto López Mullor, p. 74.

VENTAJAS DEL DIBUJO A MANO ALZADA FRENTE A LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

No cabe duda de que nos encontramos en la era de la informática. Por muy romántica que sea una persona nunca podrá luchar contra el avance informático. Día a día, aparecen nuevas tecnologías que agilizan el trabajo de la especie humana y todas ellas se crean para ayudar. Pero a pesar de ello, todavía hay algunos puntos que no han sido cubiertos por este avance.

Como afirma concepción López (1998, p.35), el uso del ordenador en la expresión gráfica, es una herramienta de trabajo que, según el tipo de dibujo, puede ayudar a simplificar el proceso de trabajo. De cualquier modo, a la hora de hacer bocetos, el instrumento más económico y versátil es el lápiz. Del mismo modo, sigue siendo en la realización de la toma de información, croquizado y comunicación *in situ*.

En el análisis y estudio de la arquitectura ya edificada, las nuevas tecnologías suponen un retraso en el tiempo de trabajo. Todos conocemos programas como autocad, en los que de un modo sencillo se puede representar cualquier dibujo que se tenga en mente. Pero, ¿es este dibujo fiel a la realidad? ¿cómo se puede manifestar el pandeo de una viga?. Por supuesto que el programa cuenta con herramientas para manifestar este efecto de

la madera, pero ¿la curvatura será la correcta? ¿este dibujo se ejecutará más lento que el hecho a mano? Todavía hoy existen muchos puntos oscuros que, dependiendo de opiniones, serán favorables hacia el dibujo a mano alzada o al hecho por ordenador.

Pero otros puntos son mucho más claros. Por ejemplo, cuando se realiza un trabajo de campo en un lugar alejado de la civilización, resulta muy incómodo y costoso tener que acercarse a la localidad más próxima para cargar las baterías de los ordenadores. No hablamos de lugares en medio de la nada, sino de aquellos que por su situación geográfica o por su lejanía dificultan trabajar con medios informáticos. En estos casos, que posiblemente sean los más comunes cuando se estudian construcciones vernáculas, resulta más sencillo el uso del dibujo manual.

También se ha de tener en cuenta el factor del tiempo del que se dispone. Si hay poco tiempo para hacer un trabajo sobre arquitectura vernácula existen dos caminos: se puede confeccionar un número limitado de dibujos de alta calidad gráfica y resueltos por ordenador; o por lo contrario, se puede catalogar el mayor número de elementos no perdiendo tiempo en la toma de datos y en la realización del dibujo definitivo. Por supuesto, en este segundo apartado, será imprescindible que el técnico que realiza el dibujo a mano alzada posea, como mínimo, un buen dominio del dibujo a manual. Por este motivo continúa siendo indispensable el conocimiento de esta técnica en aquellos alumnos que ingresan en las universidades.

Por lo que hace al estudio de detalles y a la explicación de conceptos, el dibujo manual eclipsa al realizado por ordenador. Nadie se imaginaría coger un ordenador para definir cómo está resuelta la cornisa de una masía, del mismo modo que no explicaría como funciona una bóveda de cañón o una cúpula de piedra seca.

CONCLUSIONES

A modo de conclusión, diremos que el dibujo a mano alzada, todavía hoy, es uno de los mejores métodos para el estudio y la comprensión de la arquitectura vernácula. Esto se debe a la función comunicativa que tiene este sistema de representación, que además goza de propiedades como la reflexiva, la antisimétrica y la transitiva. Del mismo modo, se trata de una técnica con un elevado nivel pedagógico, que convierte al dibujo a mano alzada en una estupenda herramienta a la hora de hacer trabajos de investigación.

Además de ser un lenguaje universal, el dibujo a mano alzada expresa las ideas del artífice de la obra, a la vez que remarca aquellos conceptos que, a juicio del autor, han de destacar. Así pues, un buen dominio del dibujo manual ayuda a conseguir un claro mensaje que puede ayudar a la toma de decisiones y a conclusiones que pueden ser fundamentales a la hora de hacer trabajos de investigación.

Se trata de una técnica rápida y económica, que ayuda a eliminar el dibujo de la toma de datos para la obtención del dibujo definitivo. A su vez, no hay pérdidas de información o malinterpretaciones entre la persona que toma los datos y la que los pasa a limpio. De este modo, el dibujo será más fiel a la realidad y plasmará aquellos conceptos e ideas que haya percibido el ejecutor del plano.

Por lo que hace al dibujo analítico comparativo, pasa a ser una de las mejores herramientas a la hora de comprobar evoluciones constructivas, así como para comparar diferencias entre varios elementos. Es un dibujo rápido y con una gran utilidad científica.

Para finalizar se concluye remarcando la importancia del aprendizaje del dibujo manual dentro de las universidades. Poco a poco se destina más tiempo a la enseñanza del uso del ordenador y éste se le resta al tradicional. Ambos sistemas son igual de importantes en la formación de los técnicos, pues un arquitecto únicamente podrá destacar cuando pueda representar todas aquellas imágenes que tiene dentro de su mente. No se trata de crear un conflicto entre las nuevas tecnologías y las técnicas tradicionales, sino de dominarlas ambas para llegar al mejor resultado.

BIBLIOGRAFÍA EMPLEADA

A.A.V.V. MINISTERIOS DE CULTURA, 2011, *Arqueología aplicada al estudio e interpretación de edificios históricos. Últimas tendencias*, secretaria general técnica, Madrid.

ACÍN FANLO, J. L., 2006, *La arquitectura vernácula. Patrimonio de la humanidad*. Tomo I. Estudio VII: Arquitectura tradicional de Aragón, Badajoz.

AGUDO TORRICO J. y SANTIAGO GALA N., 2006, *La arquitectura vernácula. Patrimonio de la humanidad*. Tomo I. Estudio I: Arquitectura tradicional. Definiciones y reconocimientos en las formulaciones internacionales sobre patrimonio, Badajoz.



- ALBERTI, Rafael, 1974, Traducido del texto italiano incluido en: RAY, Stefano: *Raffaello architetto*, Laterza, Roma y Bari.
- ALMAGRO GORBEA, Antonio, 2004, *Levantamiento arquitectónico*, Editorial Universidad de Granada, Granada.
- BERTIN, Jacques, 1967, *Sémiologie graphique*, Mouton, París y la Haya.
- DELGADO YANES, Magalí y REDONDO DOMÍNGUEZ, Ernest, 2007, *Dibujo a mano alzada para arquitectos*, Parramón Ediciones, Barcelona.
- DÍAZ AGUILAR, A. L. y MONTEJO RÁEZ, A. L., 2006, *La arquitectura vernácula. Patrimonio de la humanidad*. Tomo I. Estudio IV: Algunos ejemplos de arquitectura doméstica en Andalucía desde la protección del patrimonio histórico, Badajoz.
- DOMÍNGUEZ VICENTE, Neus, DOMÍNGUEZ BELL-LLOC, Joan, FORNIELES LÓPEZ, José, 2009, *Els pobles edetans parlen els uns dels altres*, Institut d'Estudis Comarcals Camp de Túria, Valencia.
- FORNIELES LÓPEZ, José, 2010, "El catxirulo y el aljibe, arquitectura de alta montaña", *AGRÍCOLA*, 24, pp. 33-39.
- JIMÉNEZ MARTÍN, Alfonso y PINTO PUERTO, Francisco, 2003, *Levantamiento y análisis de edificios. Tradición y futuro*, Universidad de Sevilla, Sevilla.
- LE VIRSLOYS, Charles François Roland, 1770-1771, *Dictionnaire D'Architecture, Civile, Militaire Et Navale, Antique, Ancienne Et Moderne, Et De Tous Les Arts Et Métiers Qui En Dépendent*, Libraires Associés, Paris.
- LÓPEZ GONZÁLEZ, Concepción, 1998, *Dibujo arquitectónico: El croquis*, Ed. Concepción López González, Valencia.
- MILETO, Camila y VEGAS, Fernando, 2008, *Homo faber*, Mancomunidad de Municipios Rincón de Ademuz, Rincón de Ademuz.
- MONTES SERRANO, Carlos, 2008, "Le cose confuse distano la mente", *Actas de XII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*, Enrique Rabasa Díaz, Madrid.
- SAINZ, Jorge, 2005, *El dibujo de arquitectura: Teoría e historia de un lenguaje gráfico*, Reverté, Barcelona.
- SCHULZ, Norberg, 1979, *Intenciones en arquitectura*, Gustavo Gili, Barcelona.
- VAGNETTI, Luigi, 1958, *Disegno e architettura*, Vitali e Ghianda, Génova

LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA LUZ NATURAL EN EDIFICIOS ECLESIAÍSTICOS. EL CASO DE SAN MIGUEL ARCANGEL DE MORON DE LA FRONTERA. SEVILLA.

María Isabel GALVÁN LÓPEZ
María del Rosario CHAZA CHIMENO

Universidad de Sevilla.
Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería de la Edificación.

Summary

This paper will develop the graphic treatment of the study of the behavior of natural light on facets of sunlight applied to the case of the church San Miguel Archangel of Moron de la Frontera (Seville).

San Miguel can be included in the so-called small cathedrals. It is the result of a fusion of styles that has a beautiful balance between Gothic, Baroque and Renaissance. Most studies concerning natural lighting in the building have been made through computer simulation performed with the software ECOTECT, which has been specially designed to simulate the energy performance of a building. Among its many functions, we will focus on analyzing the sunlight of the places of greatest interest in obtaining natural lighting factor of the whole.

Using stereographic and processing several numerical data, graphs and tables will be produced to make it easy to carry out the corresponding graphic studies of the behavior of natural lighting inside this building.

INTRODUCCIÓN

El objeto de la presente comunicación es poner en conocimiento de la comunidad los resultados obtenidos en la investigación realizada sobre el comportamiento de la luz natural en la iglesia de San Miguel Arcángel de Morón de la Frontera.

Forma parte del estudio que en la actualidad se está realizando sobre acondicionamiento ambiental, ya que las horas de asoleo del edificio tanto en su interior como exterior, son un factor sumamente influyente en el comportamiento higrotérmico del mismo y por tanto en la sensación de confort que perciben los usuarios.

En el terreno de la rehabilitación, el conocimiento de las técnicas de acondicionamiento ambiental (dentro de las que se encuentran la iluminación natural) es escaso si equiparamos con las técnicas constructivas y estructurales¹; Al restaurar se refuerzan los sistemas portantes, se reparan cubriciones, se rehacen acabados etc., respetando todos aquellos elementos originales, pero la introducción de los sistemas de iluminación artificial, (raramente coherentes con los espacios e imágenes que se perciben con la luz natural) tienden a desintegrar la estructura global y parcial del espacio arquitectónico.

Debemos considerar además que en las obras de edificios eclesiales, la luz natural es un parámetro de diseño intencionado y si se ignora se destruye una importante parte de la trama argumental del mismo.

La posible discusión sobre si el comportamiento del espacio bajo la luz natural, es un valor patrimonial digno de ser protegido, sigue siendo causa de interpretaciones ya que no existe ninguna legislación específica al respecto.

OBJETIVOS

Los datos que comunicamos obedecen al resultado de dos objetivos:

El primero, de carácter concreto, en la línea de desarrollar una sistemática asequible, que permita la inclusión del análisis de comportamiento de la luz natural en los proyectos de rehabilitación de edificios patrimoniales, vía aplicación de modelo informático a edificaciones existentes.

El segundo, de carácter más específico, consistente en la aplicación del sistema de análisis al caso designado, bajo distintos supuestos de alteraciones ocurridas a lo largo de su historia y de cómo han influenciado estas en su comportamiento lumínico actual.

CONTENIDO

En las intervenciones que se realizan para rehabilitar y restaurar, es necesario estudiar las variaciones que se producen en la distribución de la luz natural en el interior de los espacios para no alterarlas consustancialmente. La alteración de la cantidad que de ésta recibe en el interior, depende del diseño inicial y de las modificaciones realizadas a lo largo del tiempo, las cuales podemos calificarlas como materiales tangibles tales como la apertura o cegado de huecos, la colocación de obstáculos, etc. y materiales intangibles, que es el caso de la luz artificial aplicada sin tener presente el comportamiento de la luz natural.



La propuesta, de la presente investigación, se ha centrado en el estudio de las amenazas materiales tangibles, por lo que la metodología del trabajo se ha basado en dos líneas fundamentales: Histórica-constructiva y condiciones lumínicas naturales.

1. METODOLOGÍA:

Las etapas metodológicas empleadas en el desarrollo de la investigación han sido las siguientes:

- 1.1. Elección de parámetros lumínicos. Conceptos previos.
- 1.2. Toma de datos y recopilación de información básica.
- 1.3. Análisis con herramienta informática.
- 1.4. Obtención de resultados.

1.1. Elección de parámetros lumínicos.

El parámetro que ha sido utilizado es el Tiempo de asoleo, Que se define como el tiempo que el sol ve un punto de la tierra, es bastante parecido en los días que van del 21 de mayo al 21 de julio (16 horas) y del 21 de Noviembre al 21 de Enero (6 horas). Durante los meses intermedios, las horas de sol varían casi dos horas por mes (3960 horas).

1.2 Toma de datos y recopilación de información básica.

En la línea histórica-constructiva, las circunstancias que rodearon la construcción de las iglesias son de vital importancia para conocer el estado original de las mismas, por ello la búsqueda de documentación ha ido dirigida en este sentido, para constatar el aspecto primitivo con el que fueron concebidas así como su proceso evolutivo.

En la línea de condiciones lumínicas naturales se ha trabajado con aquellos parámetros de utilidad para el desarrollo de la investigación tales como planimetría, características morfológicas del entorno, documentación gráfica, morfología constructiva, características de los materiales empleados en revestimientos y color de los mismos.

Así mismo, se ha determinado la relación de la iglesia con su entorno urbano, a fin de saber la orientación, el factor de iluminación natural, el soleamiento de sus muros, posibles obstáculos, etc.

Se ha procedido a la toma de datos in situ, coincidiendo con los diferentes horarios de culto, para comprobar la uniformidad de distribución real en determinadas fechas y horario con las arrojadas como resultados por el programa.

1.3. Análisis con herramienta informática.

La simulación informática del comportamiento lumínico de nuestros edificios se ha realizado con el programa informático ECOTECT que ha sido especialmente diseñado para simular el comportamiento energético de un edificio. En la actualidad el programa es muy utilizado y ha sido ampliamente testado para el tipo de aplicación que la presente investigación plantea.

Dentro de sus múltiples funciones nos hemos centrado en las que analizan el soleamiento de los puntos donde se realizaron medidas.

1.4. Obtención de resultados.

Los valores obtenidos pueden ser recuperados gráfica y numéricamente.

El estudio del soleamiento, tanto interior como exterior, se realiza fijando en el modelo el punto que se desea analizar. De las múltiples posibilidades que ofrece el programa, a través de su herramienta "Calculate", se ha optado por las representaciones estereográficas.

Dada la complejidad de la interpretación de las mismas para un lego en la materia, se ha optado por la transcripción de los datos a través de hojas de cálculos (Excel) y se han traducido a gráficos siendo estos una innovación. De esta forma, se pueden comparar y obtener conclusiones sobre la influencia de cada variable en los espacios de forma inmediata.

2. MATERIALES:

2.1. Datos identificativos. Cronología, Características formales, funcionales y constructivas del edificio. Su luz natural.

San Miguel se puede incluir en las denominadas pequeñas catedrales. Es fruto de una fusión de estilos que posee un bello equilibrio entre gótico, Barroco y Renacimiento. Sin alcanzar las grandes proporciones de la catedral de Sevilla compartió con ella sus maestros mayores y canteros constituyendo una pieza fundamental en el paisaje de la villa.

Es la parroquia mayor de la población de Morón de la Frontera y constituye un buen ejemplo de lo que viene a denominarse "gótico catedralicio".

En la actualidad, la iglesia se encuentra exenta, gracias a un proceso de vaciado urbano que comenzó a mediados del siglo pasado y que concluyó en la década de los setenta con la demolición de las últimas edificaciones anexas a sus muros, sin embargo, aunque ello contribuyó enormemente a un mayor aporte lumínico, la mayor altura y la diferencia de color de los últimos inmuebles edificados ha conllevado a un cambio de su percepción lumínica.

Datos Identificativos.

Edificio: Iglesia de San Miguel Arcángel
Ubicación: Plaza del Cardenal Espinola s/n, Morón de la Frontera.
Construcción: 1506
Georeferenciación: 37° 07' 58" N. 5° 26' 58" O. Altitud 247 m.
Orientación: Noroeste 15°

Cronología.

El origen de San Miguel lo encontramos en la ermita medieval de San Micas, hacia 1350, que estuvo ubicada junto al emplazamiento del actual templo, y que desapareció posiblemente debido al terremoto de 1355. Las primitivas iglesias de Morón: Santa María y San Miguel aparecen documentadas a partir del 1402. Conformada originariamente por tres naves queda terminada en hacia 1419 en estilo gótico-mudéjar. Las sucesivas ampliaciones debilitan al templo el cual, tras el terremoto de 1504, se desploma. A partir de 1506 se comienzan las obras de reconstrucción de la iglesia, comenzando por la fachada principal de los pies y dirigida por el maestro Antonio Ruíz.

Diego de Riaño toma las riendas de las obras de San Miguel en 1523, cerrando la bóveda de la nave central y realizando una renovada cabecera de la iglesia para adaptarla a sus nuevas proporciones.

Entre 1529 y 1550 las obras están paralizadas. Martín de Gainza, que ya había intervenido con anterioridad en el cierre del segundo tramo como aparejador de Diego de Riaño, regresa en 1550 y realiza un proyecto de ampliación del templo, incluyendo la construcción de un campanario sobre la puerta principal, que finalmente no se ejecutó.

Las obras del crucero se realizan en 1562 por Hernán Ruíz II. A la muerte de este le sucede desde 1571, y hasta 1589, Pedro Díaz de Palacios, que amplió el transepto del templo.

Este mismo maestro, en 1600, continúa las obras según las trazas del arquitecto italiano Bermundo Resta. No obstante, finalmente dichas obras fueron adjudicadas a Alonso Martín y a Rodrigo de Pontones., (aunque se volvió al proyecto de Resta, remodelado por Lorenzo de Oviedo) En 1627 la estructura de la iglesia de San Miguel, tal y como hoy la conocemos, estaba terminada, Un año más tarde se comienza a consolidar y reparar el viejo alminar almohade. El terremoto de 1680 afecta significativamente al templo, por lo que durante casi una década se estuvieron reparando los desperfectos sufridos.

De nuevo, un terremoto en 1755 perjudica al edificio haciendo necesaria la reparación de las tres bóvedas más antiguas de la nave central, quedando estas reparadas por el arquitecto Pedro de Silva en 1758.

Entre 1967 y 1982 se realiza una intervención integral a cargo del arquitecto Rafael Manzano, cuyo proyecto fue redactado por encargo de la Dirección General de Bellas Artes². Básicamente se trataba de desprender la cal de los muros interiores de la iglesia y derribar todas las dependencias anejas al edificio, aislándolo tal y como lo podemos observar en la actualidad.

La última restauración se ha finalizado en el 2010, consistiendo esta, en la reparación de la capilla de la antigua y Torre de la iglesia de San Miguel Arcángel, a cargo de los Arquitectos: Francisco Pinto Puerto, José M^o Guerrero Vega.

Características formales y funcionales.

La estructura del templo corresponde a la de una planta rectangular, formada por tres naves, de cinco tramos cada una y capillas laterales.

La nave central, de 26.18 m. de largo x 20.15 m de ancho está dividida en cuatro tramos, es iluminada tangencialmente por dos hileras de ventanales que se abren tanto al norte como al sur aprovechando la mayor altura de la misma. El primer tramo junto con las naves laterales se expresó en gótico, el segundo y tercero en gótico tardío y el cuarto en utiliza un lenguaje renacentista.



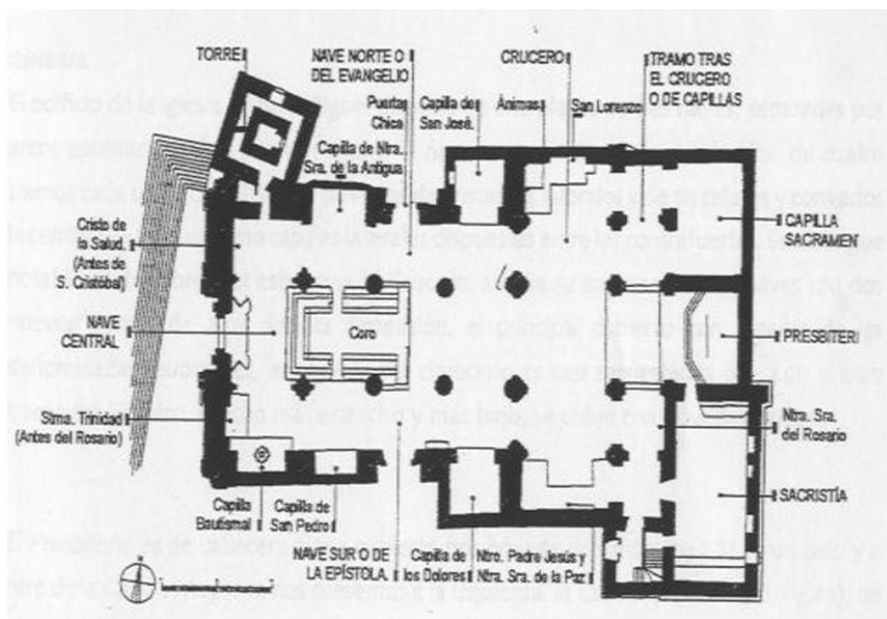


Fig. 1. Planta de la iglesia de San Miguel con la disposición de las capillas. Archivo Municipal de Morón de la Frontera (Sevilla).

El crucero de 7,64 m. de largo y 27,80 de ancho es de estilo renacentista, posee capillas en los extremos de los brazos del mismo, como la de San Lorenzo y dan al mismo la Capilla Sacramental y la Sacristía. Se ilumina por la disposición de ventanales sobre los arcos torales que presentan las naves laterales al mismo y las situadas en sus testeros norte y sur.

El crucero de 7,64 m. de largo y 27,80m de ancho es de estilo renacentista, posee capillas en los extremos de los brazos del mismo, como la de San Lorenzo (fachada norte) y la de Nuestro padre Jesús y Nuestra Señora de la Paz (fachada sur). Dan al mismo, la Capilla Sacramental y la Sacristía.

Se ilumina por la disposición de ventanales sobre los arcos torales que presentan las naves laterales al mismo y las situadas en sus testeros norte y sur.

El templo se cubre con bóveda de crucería simple, en las naves laterales y estrelladas en la central, a lo que se añade una bóveda casetonada del siglo XVI en el último tramo.

En los pies de la iglesia se ubica la torre, el primer ámbito es una pequeña pieza trapezoidal que sirve de tránsito entre la fábrica de la iglesia y el cuerpo de la torre girado.

La superficie de la cubierta de la nave central se pliega según las trazas de las distintas bóvedas, excepto la del cuarto y último tramo, que se elevan sobre los demás y sobre los planos a dos aguas de la terraza. En el extremo opuesto se alza el cimborrio de la cúpula central del crucero, de cuya cubierta plana se elevan dominante dos tercios del trasdós de la misma, rematada por linterna que produce una iluminación cenital. Características constructivas del edificio

El recubrimiento de gran parte de los paramentos de la iglesia se ha eliminado por lo que la composición de los materiales (mampostería y sillares de piedra arenisca), de los pilares, muros y bóvedas queda a la vista, tanto en el interior como exterior. Excepto en el Crucero, Capilla Sacramental, Presbiterio y cuerpo de Sacristía, que en su interior presenta revocos y enlucido en casi la totalidad de su superficie, a excepción de tres de las cinco bóvedas vaídas de las capillas frontales del Crucero.

La iluminación natural de San Miguel

El eje este oeste de la orientación de San Miguel corresponde casi con exactitud al fijado por los cánones del gótico. Posee un rosetón a 13 m. de altura, sobre la puerta principal, de factura octogonal de 50cm de lado, que aun siendo de escasa dimensión comparado con el de otras iglesias de la época, cumple su misión de iluminar el interior a la caída de la tarde, arrojando bellos efectos en un intenso color púrpuro.

A ambos lados de la nave central se localizan dos hileras de ventanas a partir de 12,80 m. desde la solería, de forma rectangular, tienen 1,50m de anchura por 2,50 m. de alto y están rematadas con arcos de medio punto corresponde un hueco por tramo. Poseen todas ellas vidrieras muy poco tintadas por lo que el aporte lumínico no se ve prácticamente matizado.

En el tercer tramo de cada una de las naves laterales existe una puerta de 3.00 m. de ancho por 5 de alto. Estos huecos solían estar abiertos para dar iluminación y ventilación durante el culto, pero en la actualidad permanecen cerradas salvo para dar salida a las cofradías en fechas señaladas. Pueden apreciarse así mismo en las naves laterales unos huecos a una altura de 8.50 m, de 25 cm de espesor y 1.50 m de alto, que fueron cegados tras el terremoto de 1680 y que corresponden con las primeras trazas del templo.

Las capillas que se ubican a ambos lados del cuarto tramo (de San José y de Los Dolores) reciben luz natural desde su fachada oeste por ventanas cuadrangulares de 80 x 80 cm. A una altura de 3.50 m El crucero cuenta con 6 ventanas, una en cada cabecera y cuatro enfrentadas dos a dos, situadas en el eje de las naves laterales, que garantizan la entrada de la luz durante todo el día. Poseen iguales .proporciones que las de la nave central, situadas a una altura a partir de 12.80 m. Desde la solería, tienen 1.50m de anchura por 2.50 m. Al igual que el rosetón de fachada están dotadas de vidrieras de fuertes colores con el predominio del rojo y tiñen fuertemente la luz. En el centro de la cúpula del crucero se alza un lucernario con forma de linterna con un diámetro de 3 m y 2 de altura que aporta toda la riqueza de la luz cenital. En la actualidad no es apreciable debido a que, por seguridad y ante posibles desprendimientos, se ha colocado un tupido toldo que impide su aporte lumínico. En la prolongación de la nave central a la altura del altar existen dos ventanas ubicadas hacia el sur y el norte respectivamente, de factura renacentista y forma oval a una altura de 11.50 m y con un diámetro compensado de 2 m., sus vidrios no están tintados y al igual que los de la nave central, el aporte lumínico no se ve prácticamente matizado.

Por ultimo en el espacio de la capilla sacramental contamos con dos huecos a 4 m. del suelo sección rectangular de 1.20 x 2m de altura orientados al oeste y vidriados en tonos verdes rojos y amarillos Valores cuantitativos.

Hemos procedido a obtener la medición de los distintos espacios de la iglesia, así como la de las ventanas ubicadas en ello, para a continuación hallar el coeficiente de forma de las mismas, y calcular los porcentajes correspondientes al nivel de acristalamiento.

<u>Usos</u>	Superf	Superf	Porcen
	Espacios m2	Ventanas m2	
Nave central	213.00	31.20	14.65%
Nave lateral derecha	115.20	0.00	0.00%
Nave lateral izquierda	125.40	0.00	0.00%
Crucero con cúpula	238.00	22.50	9.45%
Presbiterio	83.20	7.00	8.41%
Capillas cabecera der	40.00	0.00	0.00%
Capilla cabecera izq.	40.00	0.00	0.00%
Capilla Sagrario	62.00	4.80	7.74%
Capillas de San José	23.80	1.60	6.72%
Capilla de los Dolores	24.00	1.60	6.67%
Capilla de la Antigua	13.40	.0.00	0.00%
Capilla S. Pedro	7.40	.0.00	0.00%
Capillas Bautismal	13.60	.0.00	0.00%
Capillas S. Trinidad	6.20	.0.00	0.00%
Total superficie planta de espacios	1005.20		
Total superficie de huecos		68.70	
Porcentaje del conjunto			6.83%

Fig. 2. Medición de espacios de la iglesia y porcentaje de acristalamiento. Año 2011. Fuente: Elaboración propia



Las ventanas poseen un coeficiente de forma igual a 2, con excepción del rosetón y las situadas en la prolongación de la nave central a las que les corresponde 1

En un principio, podría interpretarse según se desprende de los anteriores datos que las naves lateral derecha y lateral izquierda, así como las Capillas cabecera derecha e izquierda, de la Antigua, S. Pedro, Bautismal y la de la S. Trinidad, al poseer un nivel de acristalamiento nulo, permanecerían en total oscuridad, pero al estar incorporadas espacialmente al conjunto del edificio (espacios yuxtapuestos) se identificarían con el porcentaje correspondiente al total.

Siguiendo los índices recomendados por IDAE, al conjunto le corresponde de un 6.83% que equivale a un acristalamiento medio. La nave central y el crucero al superar y estar próximo al 10%, respectivamente, se le asigna un nivel de acristalamiento elevado.

La iglesia carece de policromía en sus paredes aunque existen indicios de haberlas poseído, por lo que junto con el hecho de que las actuales vidrieras no son las originales y el cegado de huecos no nos cabe duda de que la actual percepción de la luz natural no sea la original.

2.2. Análisis de iluminación natural en su estado original y actual

En el estudio de San miguel contemplaremos como estado inicial el edificio con ventanas en las naves laterales y en el presbiterio, y con un entorno cuyas características son muy similares a las actuales, ya que en origen también se encontraba exento. Para el estado actual cegaremos las ventanas antes mencionadas y a su vez, adosamos las capillas del cuarto tramo, la casa parroquial y el cuerpo que une la torre con la nave lateral norte.

Análisis estereográfico del soleamiento interior

Para el análisis de asoleo se han elegido un total de 9 puntos situados sobre tres ejes, el primero paralelo a la fachada incluye tres puntos uno en la nave central y los otros dos, uno en cada nave lateral. Perpendicular al anterior y siguiendo la nave central fijamos cuatro, dos en la zona de los fieles, uno en el altar y uno en el presbiterio, por último fijamos uno en cada brazo del crucero. El estudio del comportamiento en el interior de las capillas se ha desestimado por su inexistencia en el estado original.

Siendo los resultados muy extensos, aportamos solo los correspondientes a la entrada, zona de fieles y el altar por su especial relevancia.

La entrada Esta zona recibía sol de las ventanas de las naves laterales de la fachada sur en los meses de febrero, última quincena de octubre y primera de noviembre de la situada en el primer tramo de 12:30 a 13:00 y de la situada en el segundo tramo en las segundas quincenas de marzo y septiembre de 10:30 a 11:00.

El resto de su comportamiento no difiere del actual en el que ve el sol procedente de las ventanas situadas en el primer y cuarto tramo de la nave central, las que arrojan luz directa el mes de junio y primera quincena de julio de 12:45 a 13:15 y de 9:00 a 9:15 respectivamente.

Este punto en origen recibía sol aproximadamente durante 59 horas lo que equivale a casi un 2%. En la actualidad el tiempo queda reducido apenas al 1%.

Idéntico análisis se ha utilizado para la zona de los fieles. Esta recibía sol de las ventanas de la nave lateral de la fachada sur desde el segundo tramo, en los meses de noviembre y segunda quincena de enero y primera de febrero de 16:00 a 16:30, de la situada en el cuarto tramo en los meses de febrero y noviembre y en la última quincena de octubre y primera de noviembre de 13:00 a 13:30.

Coincidiendo con su estado actual, su época de mayor soleamiento se situaba desde mediados de primavera a mediados de otoño. Recibe luz directa desde las 10:00 hasta las 10:30 procedente del hueco situado en la cara este del brazo derecho del crucero.

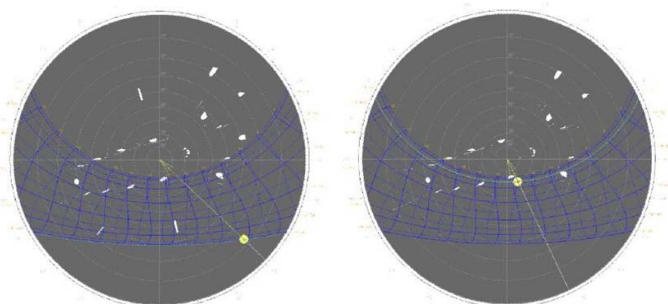


Fig. 3. Estados original y actual de la zona de fieles. Año 2011. Fuente: Elaboración propia

De las ventanas del lateral sur la percibe del cuarto tramo desde la segunda quincena de mayo hasta la primera de julio de 13:00 a 13:30. Del tercer tramo en la segunda quincena de julio a mediados de agosto de 14:30 a 15:00. Del segundo, y primero, en las primeras quincenas de abril y septiembre de 15:45 a 16:15, y de 16:30 a 17:00 respectivamente.

Del lateral norte de la nave central la obtiene del primer tramo las primeras quincenas de mayo y agosto de 17:00 a 17:30. Por último del rosetón de fachada lo hace en las primeras quincenas de abril y septiembre de 17:15 a 17:45.

Al igual que en la zona de coro, la eliminación de las ventanas ha supuesto para esta zona la pérdida de soleamiento a principio y finales de invierno.

Originalmente poseía un soleamiento del 4.90% y en la actualidad es de un 4.15%

El altar es el punto de mayor significado de todos los elegidos Este recibía sol de la ventana del tercer tramo de la nave lateral de la fachada sur, en las quincenas última de enero y primera de febrero y durante el mes de noviembre de 16:00 a 16:30.

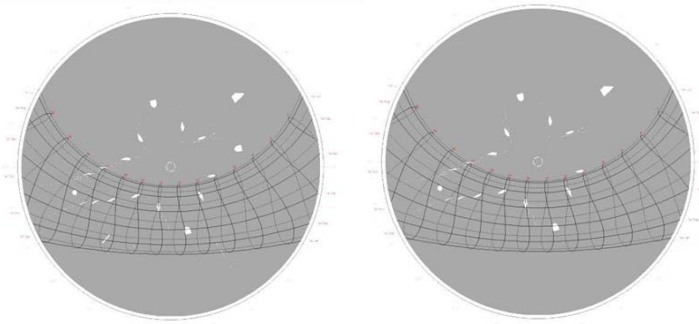


Fig.4 Estereografías estado original y actual de la zona del altar. Año 2011. Fuente: Elaboración propia

En el resto el soleamiento actual y original coinciden siendo este el siguiente: Desde el brazo izquierdo del crucero, desde la ventana situada en su fachada este, recibe directa, la última quincena de abril y primera de mayo y durante el mes de agosto de 16:00 a 16:30. Desde la fachada sur desde mediados de febrero a mediados de marzo y casi todo el mes de octubre de 12:30 a 13:30. Y desde la fachada oeste las primeras quincenas de abril y septiembre de 13:45 a 14:15.

De las ventanas situadas en el lateral sur de la nave central, desde el cuarto tramo se recibe durante las primeras quincenas de mayo y agosto de 14:00 a 14:30. Del tercer tramo, las primeras quincenas de abril y septiembre de 16:00 a 16:30. Del segundo y primer tramo, durante las segundas quincenas de marzo y septiembre de 16:30 a 17:00 y de 17:00 a 17:30 respectivamente.

De las ventanas situadas en el lateral norte de la nave central, desde el tercer tramo se recibe durante el mes de junio de 17:00 a 17:30. Del segundo en las primeras quincenas de mayo y agosto de 17:15 a 17:45 y por último del primer tramo en las segundas quincenas de abril y agosto de 17:45 a 18:00. El rosetón de fachada arroja sol las segundas quincenas de marzo y septiembre de 17:15 a 17:45.

El cegado de las ventanas de las naves laterales les resta el sol que percibía en los meses de invierno a mediados de la tarde, sin embargo, contrariamente a lo que cabría esperar, el cegado de la ventana correspondiente al presbiterio, no incide en el comportamiento del soleamiento del altar ya que solo lo habría iluminado directamente si la orientación de la iglesia coincidiera con el eje este-oeste.

Originalmente poseía un soleamiento del 4.50% y en la actualidad es de un 3.95%

El estudio de los resultados a través de las representaciones estereométricas es complejo y su transcripción escrita es sumamente tediosa y de difícil comprensión global por lo que hemos procedido a su representación gráfica a través de unos esquemas de doble entrada que permiten su interpretación inmediata para su aplicación.



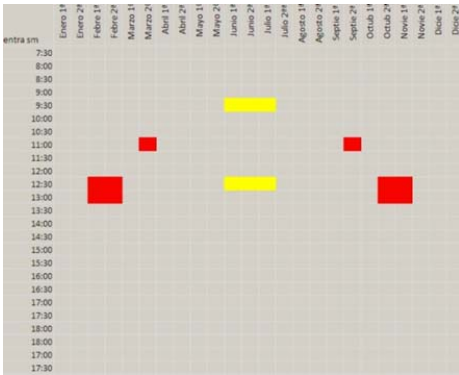


Fig.5 Tabla resumen soleamiento zona entrada. Año 2011. Fuente: Elaboración propia

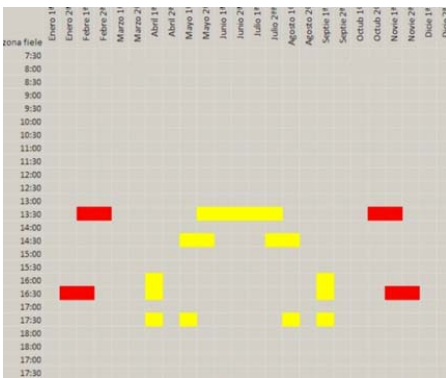


Fig.6 Tabla resumen soleamiento zona de fieles. Año 2011. Fuente: Elaboración propia

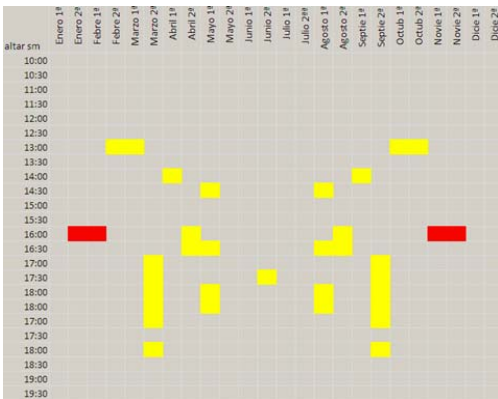


Fig.7 Tabla resumen soleamiento zona del altar. Año 2011. Fuente: Elaboración propia

La zona de entrada solo recibe luz directa los meses de verano a primeras horas de la mañana. La de los fieles desde primavera a otoño entre las 13:00 y las 17:30 y el altar lo hace en igual periodo de 13:00 a 18:00.

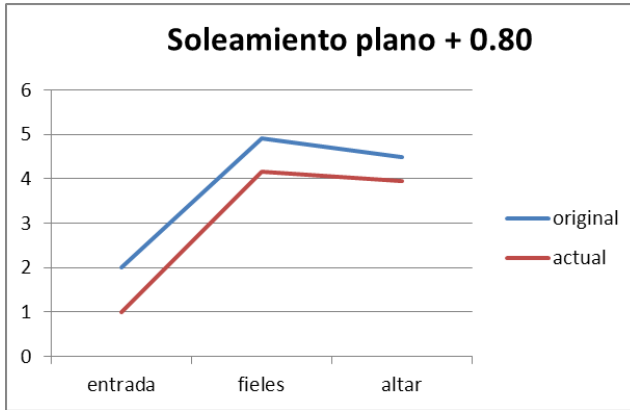


Fig.8 Grafico comparativo de soleamiento interior de las zonas de entrada, estancia de fieles y altar. Año 2011. Fuente: Elaboración propia

Análisis estereográfico del soleamiento exterior.

Para los cálculos se ha partido de las siguientes consideraciones:

Las superficies de las ventanas han sido minoradas en función del rendimiento de las mismas para hallar, porcentualmente la superficie que recibiría luz directa en un 100%.

Partiendo de un total de horas de 3690 horas anuales de soleamiento, se han aplicado 2.978, que son las correspondientes, según Instituto Nacional de Estadísticas, para la provincia de Sevilla.

Se ha elegido, para obtener el presente ratio, el volumen del edificio por considerar que los rayos de sol, no se proyectan solo sobre los paramentos, sino, que al penetrar por las ventanas, atraviesan el espacio.

San Miguel	localización	sup. total	rend. %	sup. útil	horas de sol anuales	volumen del edificio		
fachada	central	1	65	0,65	2978	12752,23		
lateral n.	fachada	3,75	80	3				
	interm.	7,5	80	6				
lateral s.	crucero	3,75	70	2,63				
	fachada	3,75	95	3,56				
	interm.	7,5	95	7,12				
crucero s.	crucero	3,75	95	3,56				
	este	3,75	70	2,62				
	sur	3,75	94	3,52				
crucero n.	oeste	3,75	75	2,81				
	este	3,75	65	2,44				
	norte	3,75	20	0,75				
presbiterio	oeste	3,75	65	2,44				
	norte	3,5	20	0,7				
	sur	3,5	69	2,42				
Total superficie útil				44,22				
total horas de sol							131687,2	
Total horas de sol por m3								10,32

Fig.9 Estudio de asoleo anual. Estado actual. Año 2011. Fuente: Elaboración propia



San Miguel	localización	sup. total	rend. %	sup. útil	horas de sol anuales	volumen del edificio		
fachada	central	1	65	0,65	2978	12752,23		
nave cent.	fachada	3,75	80	3				
lateral n.	interm.	7,5	80	6				
	crucero	3,75	70	2,63				
nave cent.	fachada	3,75	95	3,56				
lateral s.	interm.	7,5	95	7,12				
	crucero	3,75	95	3,56				
nave lateral norte		1,5	10	0,15				
nave lateral sur		1,5	85	1,28				
crucero s.	este	3,75	70	2,62				
	sur	3,75	94	3,52				
	oeste	3,75	75	2,81				
crucero n.	este	3,75	65	2,44				
	norte	3,75	20	0,75				
	oeste	3,75	65	2,44				
presbiterio	norte	3,5	20	0,7				
	sur	3,5	69	2,42				
	este	3,75	50	1,87				
Total superficie útil				47,52				
total horas de sol							141514,6	12752,23
Total horas de sol por m3						11,1		

Fig.10 Estudio de asoleo anual. Estado original. Año 2011. Fuente: Elaboración propia

En el estado actual ha perdido 9827 horas de sol, lo que supone un descenso de 0.77 h/m³. Podemos concluir que San Miguel ha disminuido en un 7%, en el cómputo global de sus horas de soleamiento.

El cegado de los huecos de la fachada sur si ha sido notorio por su alto índice de soleamiento, sin embargo, los de la fachada norte apenas han tenido repercusión. A nivel de simbolismo el que poseía un mayor significado era el correspondiente al del presbiterio porque ofrecía a primeras horas de la mañana un efecto de contraluz en la zona del altar.

CONCLUSIONES

1. Podemos concluir que para no alterar el comportamiento lumínico natural de los espacios eclesiales, la luz artificial ha de ser compatible con la luz natural y esta solo se la puede conocer tras un estudio específico, que ha de ser incluido en el Proyecto de conservación e informe de ejecución.
2. Podemos concluir que de las representaciones estereográficas se puede extraer toda la información necesaria para los estudios de asoleo pero han de ser transformadas en gráficos para su comprensión y mejor manejo.
3. Podemos concluir sobre el comportamiento lumínico de San Miguel, que este ha sufrido mermas con las modificaciones transcurridas con el tiempo siendo perjudicado por las mismas. Sería muy interesante incluir, en futuras restauraciones, la recuperación de la ventana del presbiterio, así como las de la fachada sur.

REFERENCIAS

Sendra Salas J.J., Navarro Casas. J. "El acondicionamiento ambiental y la conservación del patrimonio arquitectónico". 1991. Revista de edificación nº 9. Sevilla.
 Ferro Montero E. Escalante Sánchez, A. "Historia, estilos y patologías de la iglesia de San Miguel de Morón de la Frontera". 1997. Revista del COAAT nº 49. Sevilla

LOS RECURSOS GRÁFICOS EN EL MANUSCRITO DE CANTERÍA ATRIBUIDO A PEDRO DE ALVIZ (BNE Ms 12686).

Ricardo GARCÍA BAÑO
José CALVO LÓPEZ

Universidad Politécnica de Cartagena
Departamento de Arquitectura y Tecnología de la Edificación

Abstract

The Biblioteca Nacional de España in Madrid holds a fair number of stonecutting manuscripts. One of them, MS 12686, including 31 sheets in parchment binding, and bearing no author mention, title or date, has not been studied from a geometrical point of view. In this paper, we present a preliminary study of the manuscript, analysing the graphical techniques and construction methods used in the drawings, dealing in particular with projection types and graphical resources such as developments and triangulations. Such research approach furnishes valuable data about the connections of the manuscript with other important stonecutting texts in the Iberian area, such as the ones by Hernán Hernán Ruiz el Joven (c. 1550), Alonso de Vandelvira (c. 1580), Ginés Martínez de Aranda (c. 1600) and Juan de Portor y Castro (1708), supporting the attribution posited by Gómez Martínez (1998) to Pedro de Alviz, a stonemason active around 1540 in the Cuenca area.

EL MANUSCRITO BNE 12686

En la Biblioteca Nacional de Madrid se conservan varios manuscritos de cantería. Uno de ellos, el número 12686, anónimo, sin título y de fecha indeterminada, incluye diversas trazas en proyección ortográfica doble o múltiple, empleando diferentes recursos gráficos para hallar las plantillas de las caras de las dovelas, los ángulos entre sus aristas o sus sólidos capaces, con objeto de controlar la labra de las piezas. Otros dibujos representan en planta bóvedas de crucería con terceletes y combados. Se completa con dos dibujos del orden toscano tomados de la *Regola delli cinque ordini d'Architettura* de Vignola y el alzado del fuste de una columna salomónica. El texto se ha vinculado sucesivamente a Alonso de Vandelvira (Barbé 1977), Pedro de Alviz (Gómez Martínez 1998, p. 31-32) y Felipe Lázaro de Goiti (Suárez Quevedo 2002). Por el contrario, apenas se han estudiado los problemas que plantea la obra desde el punto de vista geométrico y constructivo.

Nos proponemos en este trabajo abordar un primer acercamiento al manuscrito basándonos en un análisis de las técnicas gráficas y métodos de construcción empleadas en los dibujos, estudiando en particular los modos de proyección y recursos gráficos como desarrollos y triangulaciones. Este enfoque puede proporcionar datos útiles para comprender tanto el manuscrito en sí como sus conexiones con otros textos de cantería ibérica, como los de Hernán Ruiz el Joven (c. 1550), Alonso de Vandelvira (c. 1580), Ginés Martínez de Aranda (c. 1600), Juan de Portor y Castro (1708), y el llamado de Juan de Aguirre (c. 1600), confirmando o rebatiendo al mismo tiempo las atribuciones realizadas hasta el momento.

CARACTERÍSTICAS Y CONTENIDOS

El cuaderno consta de 31 folios de 43 x 29 cm, encuadernados en pergamino. Si bien en una primera lectura el manuscrito puede dar cierta impresión de desorden, en un análisis detenido se pueden reconocer cuatro bloques de dibujos. El primero de ellos abarca desde el inicio del códice hasta el f.27r, con la excepción de los folios 1r, que queda en blanco, y los 4v y 5v, que fueron objeto de adiciones posteriores. El cuaderno incluye, sucesivamente, dos pechinas, seis arcos, una decenda de cava, siete capialzados y siete bóvedas de intradós cilíndrico. Este criterio de ordenación es muy similar al empleado en el manuscrito de Alonso de Vandelvira (c. 1580) si bien el códice que nos ocupa omite piezas tan significativas como los caracoles, escaleras o bóvedas de intradós esférico.

Por regla general, las trazas de este bloque se disponen en los folios rectos; hasta el f.8v se acompañan de un texto explicativo en el reverso del folio anterior. Más adelante, los folios vueltos quedan en blanco hasta el 27 v, con la excepción del 13v y 14v, que contienen dibujos añadido posteriormente por otra mano, y los f.18v y f.19v en los que aparecen trazas complementarias de las realizadas para algunas piezas. Cada traza lleva un título, hasta el f.18, a partir del cual no se vuelven a incluir rótulos, salvo para el "Rincón de claustro esviado" del f. 22.

El grafismo utilizado en los dibujos es uniforme. Se emplean líneas relativamente gruesas, continuas y de trazos y tintas de cuatro colores diferentes: negro, gris, sepia y rojo. En algunos dibujos, concretamente las dos pechinas y todas las bóvedas, excepto la de cañón esviada, todas las líneas son continuas y del mismo color. En los demás trazados se usan líneas continuas, complementadas por líneas de trazos, empleadas para realizar trazados auxiliares u ocultos. Se utiliza una sola tinta (gris o sepia) reservando las líneas de un segundo color (rojo o negro) para destacar las plantillas obtenidas directamente a partir de la proyección horizontal.



La tinta empleada para los dibujos, sus títulos y los números incluidos en las dovelas es la misma. Por el contrario, en los seis primeros dibujos, tanto el texto explicativo incluido en el folio vuelto anterior como las letras grafiadas sobre la planta y el alzado se han realizado utilizando una tinta diferente a la empleada en los dibujos. Este dato sugiere que las trazas y sus títulos se dibujaron en una primera fase; posteriormente se añadiría la notación de los dibujos y el texto explicativo de los folios vueltos²⁵. La caligrafía es la misma para todos los textos, letras, números y títulos de los dibujos de este primer bloque, por lo que parece claro que todos ellos fueron realizados por un mismo autor. Todo esto, unido a la disposición sistemática de las trazas en el folio recto, sugiere que la intención del autor fue realizar inicialmente todos los dibujos, para ir incorporando posteriormente desde el inicio el texto explicativo y la notación, tarea que quedó interrumpida por algún motivo en el sexto dibujo.



Fig 1. Arco abocinado. C. 1550. BNE. Ms.12686.

El segundo bloque, separado del anterior por los f.27v y 28r, en blanco, contiene tres plantas de bóvedas de crucería. Los f.28v y 29v corresponden respectivamente a dos capillas de planta perlongada y cuadrada, en las que los formeros, perpiaños, ojivos y ligaduras quedan complementados por combados, terceletes de directriz curva, pies de gallo y lazos ovoides en torno a la clave central. No incluyen alzados propiamente dichos, sino únicamente el perfil abatido del ojivo, con una técnica similar a la empleada en un dibujo del *Compendio de arquitectura y simetría de los templos* de Simón García (1681, f.25r), atribuido por lo general a Rodrigo Gil de Hontañón. Este recurso se emplea en ambas bóvedas, si bien en la cuadrada invade parcialmente la página 30. La tercera de las plantas, inacabada, (f.30v) es de una capilla perlongada en la que se dibujan el perímetro rectangular con los cuartos de círculo de los enjarjes sobre los pilares en los vértices, la clave central y las de formeros y perpiaños.

Estos tres dibujos carecen de título y texto explicativo. Ahora bien, bajo la planta de la capilla cuadrada figura una escala gráfica de 20 pies, que se corresponde con el radio de los ojivos. Podemos entender que las otras dos plantas están realizadas a la misma escala, pues la longitud de las dos bóvedas perlongadas es igual al lado de la cuadrada. Al contrario de lo que ocurre en los anteriores, los tres dibujos de este segundo bloque se incluyen en folios vueltos. Los folios rectos 29 y 30, situados frente a las dos primeras trazas de bóvedas de crucería, han quedado en blanco, mientras que el f. 31 r. fue utilizado más adelante, como veremos.

Los tres dibujos están realizados con tinta de color sepia. En la bóveda perlongada los nervios están dibujados con cuatro líneas, dos interiores continuas correspondientes al baquetón más dos exteriores discontinuas correspondientes al ancho del nervio; en la cuadrada las cuatro líneas son continuas. Las claves se representan mediante tres círculos concéntricos para la central y dos círculos concéntricos para las secundarias. Tanto el perímetro como los arranques se representan a línea simple. El color de tinta empleado, el grosor de líneas y el tipo de trazo de los dibujos son similares a los del primer bloque. Del análisis de los únicos elementos de texto incluidos en el segundo bloque, los contenidos en la escala gráfica de la bóveda cuadrada, tanto los números como la palabra "pies" coinciden en su caligrafía con los textos del primer bloque, lo que indica que ambas secciones corresponden a un mismo autor.

Como señaló Gómez Martínez (1998, p.31), la peculiar disposición de los nervios de estas bóvedas se da literalmente en la parroquial de Garcinarro (Cuenca) obra del cantero vizcaíno Pedro de Alviz; tras su fallecimiento en 1545, la obra fue traspasada por su viuda a Juanes de Andute, que respetó la traza inicial (Rokiski 1980, p. 27-34). Concretamente, la bóveda cuadrada se corresponde con las existentes en los tramos de la nave central de Garcinarro y la perlongada con las bóvedas de las naves laterales; la perlongada

²⁵ En el caso concreto del arco abocinado (f.6) incluso llegaron a incorporarse al dibujo líneas auxiliares de trazos que no figuraban inicialmente en el dibujo.

inconclusa, que es el último dibujo del núcleo principal del cuaderno, podría corresponder a la capilla mayor. También existen modelos similares en las bóvedas de la sacristía y el tesoro de la prioral santiaguista de Uclés (Cuenca) construidas por Francisco de Luna a partir de 1529 y en la capilla mayor de la prioral de Priego (Cuenca) trazada y construida por Alviz en 1541 y tasada por Francisco de Luna en 1542 (Rokiski 1980; Gómez Martínez 1998).

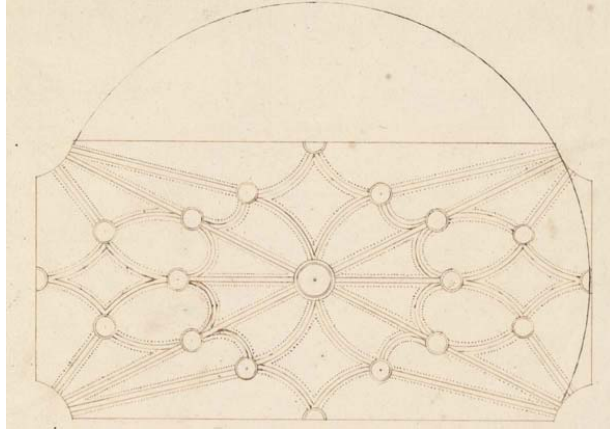


Fig 2. Bóveda de crucería perlongada. C. 1550. BNE. Ms.12686.



Fig 3. Bóveda de crucería perlongada. Garcinarro.

El tercer bloque corresponde a dos trazas incluidas con posterioridad, en dos folios vueltos que habrían quedado en blanco al realizar el primer bloque. Ambas repiten piezas del primer bloque: un capialzado a regla (f.13v), que contiene letras y números sobre las trazas, acompañado en su parte inferior por un texto explicativo que ocupa la totalidad del folio y continua en la página siguiente (f.14r) ajustándose en cada renglón al espacio libre que había dejado disponible la traza anterior. La segunda de las trazas es un arco abocinado, (f.14v) sin título ni texto explicativo.

Ambos están realizados con tinta negra; las líneas son de trazo más fino y preciso que los anteriores y se emplean tres tipos de línea: continuas para el dibujo en general, a trazos para las líneas auxiliares y de puntos para los arcos de círculo empleados para construir plantillas por triangulación. El grafismo y la caligrafía de los textos son completamente diferentes de los utilizados en los bloques anteriores, por lo que claramente fueron realizados por un segundo autor.



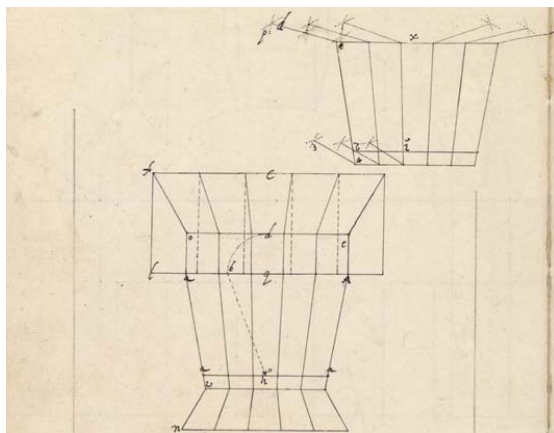


Fig 4. Capiatalzado a regla. C. 1550. BNE. Ms.12686.

El cuarto bloque lo componen dos dibujos del orden toscano, en los folios 4r y 5r y el alzado del fuste de una columna salomónica, en el f.31r, que como hemos visto había quedado en blanco al trazar los dibujos de bóvedas nervadas. El primero corresponde a una aguada de buena calidad, copia del alzado del orden toscano contenido en la *Regola delli cinque ordini d'Architettura* de Vignola (1562, f.8r; 1593, f.5r), acompañado de un texto tomado casi literalmente de la traducción castellana de Patricio Caxesi. La caligrafía de la letra en la copia es diferente y de menor tamaño, empleando ocho líneas frente a las diez de la versión impresa. No se aprecia intención de copiar el tipo de letra de esta última; además, existen varias diferencias de ortografía entre el manuscrito y el texto de Caxesi.²⁶



Fig 5. Alzado del orden toscano. C. 1550. BNE. Ms.12686.

El segundo dibujo (f.5), a lápiz e inacabado, corresponde igualmente a una copia de la *Regola* de Vignola (1562, f.9; 1593, f.5), un pórtico de orden toscano enmarcado en la misma posición que el original. Carece de texto, pero en la parte inferior se dibujó el recuadro destinado a la inclusión de la copia del mismo.

El tercero de los dibujos corresponde al alzado de un fuste de una columna salomónica de cinco vueltas, trazado con el apoyo de dos líneas verticales, con disminución del grosor de la columna en el sentido ascendente. El dibujo, carente de textos y aparentemente inacabado, es de calidad sensiblemente inferior a los anteriores y únicamente se vincula a los anteriores por la presencia en Vignola (1562, f.35; 1593, f.31) de una columna salomónica con fuste de seis vueltas.

Los dos primeros dibujos, con similar grafismo, están realizados por el mismo autor, y la letra contenida en el alzado es claramente diferente de las otras dos analizadas previamente, por lo que habría que añadir un tercer autor a los dos anteriormente citados. Respecto al fuste, en principio no parece haber sido dibujado por la

²⁶ Contrariamente a la opinión de Suarez Quevedo (2002) que postula que el autor del manuscrito imitó la letra del libro.

misma persona, por lo que habría que considerar un cuarto autor, sin que se pueda descartar ni confirmar que el dibujo haya sido realizado por el mismo autor del primer bloque.

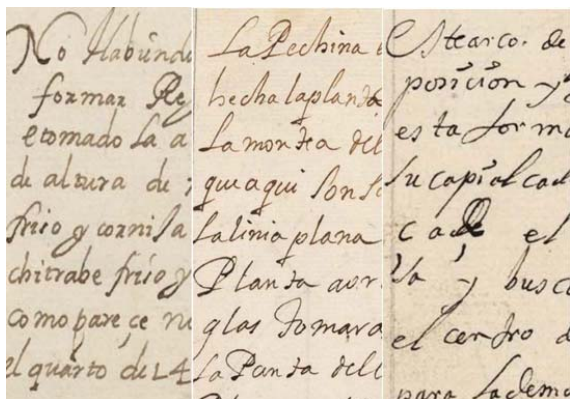


Fig 6. Comparativo de caligrafías. C. 1550. BNE. Ms.12686.

La numeración que aparece en la esquina superior derecha de cada folio posee una caligrafía diferente al resto de las contenidas en el cuaderno y por el tipo de número; aparentemente fue realizada con posterioridad a la totalidad de las trazas.²⁷

En la última página (f.31v) aparecen dos dibujos sin explicación, que contienen una semicircunferencia y una semielipse con diámetros conjugados, obtenida por puntos, cuyo diámetro menor tiene la misma longitud que el radio de la semicircunferencia. El tipo de traza empleado es compatible con la empleada por el autor que el bloque principal del cuaderno, si bien no puede descartarse que se trate de un añadido posterior.

RECURSOS GRAFICOS.

En las trazas del primer bloque del manuscrito, sin excepción, se divide la pieza en siete dovelas, como hacen Vandelvira (c. 1580, f.7r, 7v, 8r, 8v, etc.) y Hernán Ruiz (c. 1550, f.47v), frente a la habitual división en cinco dovelas de Aranda (c. 1600, pl. 7, 9, 10, 11, etc.) y Portor (1708, f.1r, 1v, 2r, 2v, etc.), mientras que el manuscrito llamado de Juan de Aguirre alterna ambas soluciones.

Este bloque se abre con dos trompas, una recta (f.2) y otra esviada (f.3), representadas en doble proyección ortográfica. La talla de las dovelas se resuelve mediante el método conocido como "labra por plantas", empleando plantillas en verdadera forma del intradós de las dovelas. En las juntas de lecho, se dibuja únicamente la línea correspondiente al ángulo formado entre las aristas de intradós y testa, que posteriormente se trasladaba a la piedra mediante el instrumento canteril conocido como "saltarregla". Tanto las plantillas como los segmentos que representan las saltarreglas se obtienen por triangulación a partir de la verdadera magnitud de las aristas de la dovela y las diagonales de las caras de lecho; como ocurre en el manuscrito de Alonso de Vandelvira, la única plantilla necesaria para ejecutar la trompa recta se dispone junto a la imposta de la pieza, mientras que las siete plantillas diferentes de la pieza esviada se disponen por separado.

Las primeras trazas de arcos y la decenda de cava (f.5v, 8r, 13r) se resuelven de forma análoga, con doble proyección ortográfica, obteniendo las plantillas de intradós de las dovelas mediante desarrollos realizados por triangulación, para controlar la labra por plantas. Sobre estas plantillas se dibujan segmentos que representan los ángulos entre juntas de intradós y de testa. Para situar los vértices de las plantillas de intradós se emplean las longitudes de los lados y diagonales de las caras de intradós o lecho de cada dovela. El método es muy similar al empleado por Alonso de Vandelvira (c. 1580, f.26v), si bien este autor parte de la planta de la pieza, mientras que en el manuscrito que nos ocupa el desarrollo se concibe como una construcción independiente. También existe otra diferencia sutil, pero muy significativa: Vandelvira obtiene por lo general la longitud de los segmentos formando un triángulo rectángulo con la proyección horizontal del segmento y la diferencia de cotas entre los

²⁷ Suárez Quevedo (2002) señala que los dos dibujos copiados de Vignola se encuentran en el folio de la misma numeración que el correspondiente en la traducción de Caxesi (f.4 y f.5), que se repite en el caso del fuste (f.31). Ahora bien, esto no parece indicar una intención de obtener una copia idéntica de la obra de Vignola, puesto que el número actual de folios del cuaderno, 31, es inferior al de la versión de Caxesi, y además el dibujante de la columna salomónica no hizo ningún esfuerzo por aproximarse a los dibujos de Vignola. Por tanto, la coincidencia de los números de folio podría ser o bien casual, o bien intencionada, pero resultado de una encuadernación posterior. Un análisis codicológico completo del manuscrito, que no podemos abordar aquí por razones de espacio, podría arrojar nuevos datos sobre esta cuestión.



extremos, mientras que en el manuscrito que estamos estudiando se construyen triángulos a partir de la proyección vertical de los segmentos y la diferencia de alejamientos entre los extremos.

En cualquier caso, el procedimiento de nuestro cuaderno y de Vandelvira contrasta con el método empleado por Ginés Martínez de Aranda (c. 1600, pl.13, 16) y Juan de Portor y Castro (1708, f.2v) para estas piezas, basado en abatimientos alrededor de las juntas de intradós. Se trata de un método relativamente sofisticado, puesto que no se puede emplear la testa como perpendicular a la charnela del abatimiento; aparece en los últimos años del siglo XVI y no está presente en Vandelvira o De L'Orme (1567, f.69r).

En la solución propuesta para los últimos arcos del manuscrito que nos ocupa, el esviado en testa del f.9, el arco en esquina y rincón del f.11, y el arco en torre cavada y torre redonda del f.12, las plantillas de intradós se dibujan directamente sobre la planta. También es de reseñar que en los dos primeros la proyección ortográfica es múltiple y en los dos últimos las plantillas por lecho se dibujan completas. Si bien el aspecto de la lámina recuerda a las propuestas de De L'Orme (1567, f.74r), Vandelvira (c. 1580, f.20v) y Aranda (c. 1600, pl.72) para estas piezas, un examen detenido parece indicar, especialmente para el arco esviado en testa, que las plantillas no se obtienen por abatimiento alrededor de la junta de intradós, sino por triangulación, lo que introduce algunos errores.

También es interesante comprobar que en el arco en esquina y rincón, se toman como embocaduras cuartos de circunferencia, lo que implica que la superficie del intradós sea un cilindro elíptico y no de revolución. Esta solución es diferente de la empleada en los manuscritos de Vandelvira, Martínez de Aranda, Portor y Castro, o Aguirre, que utilizan una superficie cilíndrica de revolución. No es fácil encontrar ni en la literatura ni en la práctica la solución empleada por el manuscrito que nos ocupa, salvo en obras mucho más recientes, como la Casa de Colón de Valladolid (Calvo 1999, vol. 2, p.187).

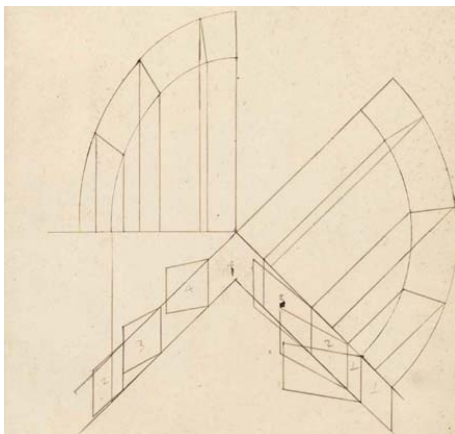


Fig 7. Arco por esquina y rincón. C. 1550. BNE. Ms.12686.

Ninguno de los capialzados del cuaderno se acompaña de texto explicativo. De nuevo se obtienen las dovelas y los ángulos entre sus aristas empleando triangulaciones; las plantillas se desarrollan por separado para los capialzados a regla (f.14 y f.18), engauchido (f.15) y en esquina y rincón (f.19); en este último, además, las plantillas de lecho se dibujan con independencia de las de cara y no sobre ellas. Por el contrario, en los capialzados engauchido esviado (f.16), despiezado (f.17) y en torre cavada (f.20), las plantillas se disponen sobre la planta.

El procedimiento recuerda tanto al empleado por Vandelvira como el puesto en práctica por Martínez de Aranda. Ahora bien, entre un autor y otro hay una diferencia muy significativa. Vandelvira (c. 1580, f.46r) advierte que "Los capialzados todos son por robos que aunque están aquí en los demás las plantas sacadas sólo sirven para que por ellas se saquen las saltarreglas"; es decir, es consciente de que en muchos de estos capialzados las aristas de intradós de cada dovela forman un cuadrilátero alabeado, por lo que no pueden ser desarrolladas con exactitud, y únicamente se emplean para construir las saltarreglas. Esta situación se presenta en el manuscrito que nos ocupa al menos en el capialzado engauchido en viaje del f.16, pero el autor no hace ningún comentario al respecto, puesto que la traza no lleva texto, como tampoco lo hace Martínez de Aranda (c. 1600, pl. 146-149).

En el capialzado en esquina y rincón (f.19), se incluye tanto la proyección de la testa del capialzado sobre un plano ortogonal al eje como el desarrollo del arco rebajado de la embocadura, aprovechando el eje de simetría. En este caso se emplea la solución contraria a la utilizada en el arco en esquina y rincón; es decir, se parte de un arco de medio punto situado en un plano vertical ortogonal al eje de simetría, lo que da como resultado arcos rebajados en las embocaduras. El método es análogo al empleado por Martínez de Aranda (c.

1600, pl.205-208) y Portor y Castro (1708, f.34r), si bien ambos emplean arcos escarzanos y abaten las plantillas directamente sobre la planta.

También resulta significativo comprobar que en el capialzado en torre cavada del f.20 se utilizan los puntos medios de las dovelas para trazar el desarrollo de la testa, con recursos gráficos que recuerdan los empleados por Alonso de Vandelvira (c. 1580, f.21v-22v); por primera vez en el manuscrito, se emplean plantillas con aristas curvas en la embocadura cóncava, tanto para el intradós como para los lechos.

Respecto a las dos trazas añadidos con posterioridad al cuaderno por un autor diferente, el capialzado a regla (f.13r) utiliza también abatimientos y triangulaciones, desarrollando las plantillas en construcción separada. Se adopta un método diferente de resolución del intradós, abatiendo el plano completo sobre la horizontal y dividiendo sus extremos en partes iguales; este procedimiento, empleado por Vandelvira en la tronera a regla capialzada (c. 1580, f.41r), no había sido empleado por el autor del bloque principal. En la obtención de las plantas por lecho se comete un error significativo al suponer que las aristas de intradós y trasdós de la junta tienen la misma longitud, lo que no se cumple con las condiciones geométricas del capialzado.

La segunda (f.14v), es un arco abocinado, sin texto explicativo, con una sección abatida que no se corresponde con la diferencia de altura de las claves de ambas embocaduras, lo que parece indicar que el arco sería capialzado. Se ha obtenido una plantilla de cara de la primera dovela por abatimiento y triangulación, con fallos en el traslado de las alturas. La traza queda inacabada, quizá porque el autor pretendía resolver un arco capialzado y ante los errores cometidos abordando la traza como arco abocinado, decidió no continuar.

Las trazas de las siete bóvedas de intradós cilíndrico (f. 21r-27r) incluidas en el cuaderno presentan ciertas constantes en su tratamiento, como el empleo de proyecciones múltiples con los alzados abatidos de los arcos de embocadura, la determinación de las aristas de intersección entre cilindros por abatimiento alrededor de la diagonal, la obtención por triangulación de los ángulos formados por las caras y los lechos y el empleo de la labra por robos, dibujando la envolvente de las dovelas de las embocaduras en los alzados. En el caso del rincón de claustro esviado (f.22) estos métodos se complementan con la determinación de plantillas de cara y ángulos de saltarreglas para el tramo oblicuo. En las cuatro bóvedas por arista se dibujan en planta las dovelas.

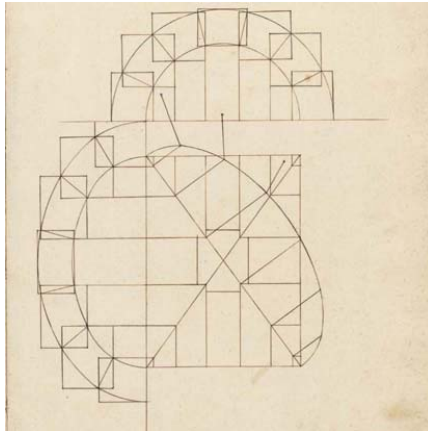


Fig 7. Bóveda por arista perlongada. C. 1550. BNE. Ms.12686.

El resto de los tratados que contienen trazas similares las abordan de modo análogo, con dos diferencias significativas. En la capilla por arista perlongada, Hernán Ruíz (c. 1550, f.45v) desarrolla los cilindros apoyándose en las generatrices, con objeto de controlar la decoración, mientras que Alonso de Vandelvira (c. 1580, f.104r, 104v) pretende labrar los ochavos mediante plantillas, lo que le lleva a abordar también el desarrollo de la hilada.

Para las bóvedas de crucería, al margen de las trazas de las plantas, como único recurso gráfico aparece el abatimiento del arco ojivo de medio punto, también presente en un dibujo del manuscrito de Simón García (1681, f.25r) que la mayoría de los estudiosos entienden tomado de un manuscrito anterior de Rodrigo Gil de Hontañón.

AUTORÍA DEL MANUSCRITO

Como hemos dicho, el manuscrito se ha vinculado a autores y épocas muy diferentes. En primer lugar, Geneviève Barbé-Coquelin de Lisle (1977) lo relaciona con el tratado de Alonso de Vandelvira (c. 1580) y



justifica la brevedad de los textos aduciendo que el cuaderno se redactó en un momento en el que el vocabulario arquitectónico de Vandelvira era comprendido sin esfuerzo por los iniciados.

La vinculación entre ambos manuscritos es clara, como hemos visto, pero el vocabulario, la ortografía empleadas, los errores contenidos en las trazas, la menor destreza en el empleo de los recursos gráficos como abatimientos y la ausencia de piezas significativas como escaleras o bóvedas esféricas parecen sugerir que el autor del cuaderno desconocía el manuscrito de Vandelvira. Por otra parte, varios detalles, como los folios vueltos libres frente a cada traza, la adición posterior de los textos de la primera traza y la interrupción de estas exposiciones a partir de la sexta traza, indican que el autor tenía la intención de acompañar con textos todas las trazas del manuscrito.

Gómez Martínez (1998, pp. 31-32) lo ha atribuido al cantero vizcaíno Pedro de Alviz, que estuvo en contacto con Francisco de Luna, abuelo de Alonso de Vandelvira, al menos en la parroquial de Priego, argumentando la coincidencia de los dibujos de las bóvedas de crucería con las de la iglesia de Garcinarro, aunque no descarta por completo la participación de otros canteros, como Juanes de Andute, que terminó las bóvedas de Garcinarro a la muerte de Alviz. Esto nos llevaría a situar el manuscrito en la primera mitad del siglo XVI y en el entorno de Cuenca. Todo esto encaja bien con las hipótesis que hemos planteado hasta ahora: se trataría de un cuaderno anterior al de Vandelvira, que anticipa muchas soluciones de esta escuela, mientras que desconoce otras muchas, como la bóveda de naranja, "principio y dechado de todas las capillas romanas" para Vandelvira (c. 1580, f.60v). Por el contrario, resultaría muy extraño que un cuaderno de cantería compuesto por un autor de finales del siglo XVI, que conoce en detalle las soluciones de Garcinarro o Priego, ignore por completo otras muchas técnicas canteriles bien conocidas por Andrés y Alonso de Vandelvira.

Por otra parte, Posteriormente, Suárez Quevedo (2002) vincula el manuscrito a Felipe Lázaro de Goiti, copista de Vandelvira, lo fecha en el siglo XVII y considera los dibujos de bóvedas de crucería como añadidos al núcleo del manuscrito. Ahora bien, los dibujos de bóvedas de crucería corresponden al autor del primer bloque de trazas, ya que la caligrafía de los textos que acompañan a unos y otros es idéntica. Por lo tanto, no parece que deban ser consideradas como un añadido; el autor de estas trazas, ya sea Alviz, Andute u otro cantero, es el responsable principal del manuscrito. En cualquier caso, se han estudiado los dos manuscritos conservados en la Biblioteca Nacional de España relacionados más o menos claramente con Felipe Lázaro de Goiti, el 12719, una copia literal del manuscrito de Alonso de Vandelvira debida a Goiti, el manuscrito nº12744, que lleva la mención más dudosa "ordenado acaso por Felipe Lázaro de Goiti", pero que se asocia al nombre de un Juan de Aguirre. La letra de los textos contenidos en ambos códices no muestra coincidencias con ninguna de las tres diferentes letras contenidas en el manuscrito que nos ocupa, por lo que puede descartarse la autoría de Goiti.

CONCLUSIONES

El manuscrito consta de tres partes claramente diferenciadas realizadas por al menos tres autores distintos: el cuerpo principal original, compuesto por trompas, arcos, decenas de cava, bóvedas de intradós cilíndrico y bóvedas de crucería, al que fueron añadidos con posterioridad las dos trazas de los folios 13v. y 14v. y una tercera parte con los dibujos del orden toscano copiados del Vignola y el fuste de la columna salomónica. Un análisis de sus características y recursos gráficos refuerza la hipótesis avanzada por Gómez Martínez según la cual la datación correspondería al segundo cuarto del siglo XVI, y la autoría a Pedro de Alviz o alguno de los canteros vinculados a él que trabajaban en esas fechas en el entorno de Cuenca. Todo esto indica que nos hallamos frente a un antecedente del manuscrito de Vandelvira, puesto que el códice que hemos estudiado anticipa muchas de las soluciones del *Libro de trazas de cortes de piedras*, frente a la línea diferente representada por los manuscritos de Martínez de Aranda y Portor y Castro y a la singularidad de las soluciones de Hernán Ruiz. Si se confirmara que el manuscrito es de la mano de Alviz, sería necesario datarlo antes de 1545 y nos encontraríamos ante un documento de gran importancia: el primer texto de la estereotomía clásica, anterior en algunos años al manuscrito de Hernán Ruiz y en dos décadas al *Premier Tome de l'architecture* de Philibert de L'Orme.

NOTA

Este trabajo se inscribe en el proyecto de investigación "Construcción en piedra de cantería en los ámbitos mediterráneo y atlántico (2)" (BIA2009-14350-C02-02) del Plan Nacional de I+D+i del Ministerio de Economía y Competitividad.

Referencias bibliográficas

- Alviz, Pedro de, atribuido. c. 1550. *Manuscrito de cantería*. Biblioteca Nacional de España, Ms. 12686.
- Aguirre, Juan de, llamado. c. 1600. *Manuscrito de arquitectura y cantería*, Biblioteca Nacional de España, Ms. 12744.
- Barbé-Coquelin de Lisle, 1977, 'Introducción', en Vandelvira, Alonso de, *Tratado de arquitectura ...*, Caja Provincial de Ahorros, Albacete, pp. 1-36.
- Barozzio di Vignola, Jacopo. 1562. *Regola degli cinque ordine dell'architettura*, Roma, s. n.
- Barozzio di Vignola, Jacopo. 1593. *Regla de las cinco órdenes de arquitectura*, Madrid, Patricio Caxesi.
- Calvo López, José, 2000, 'Cerramientos y trazas de monte' de Ginés Martínez de Aranda, tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.

- García, Simón, 1681. *Compendio de arquitectura y simetría de los templos, conforme a la medida del cuerpo humano*. Biblioteca Nacional de España, Ms 8884.
- Gil de Hontañón, Rodrigo. *Manuscrito de arquitectura*. Incluido en Simón García, 1681, *Compendio de arquitectura y simetría de los templos, ...* Biblioteca Nacional de España, Ms. 8884.
- Gómez Martínez, Javier, 1998. *El gótico español de la Edad Moderna. Bóvedas de Cruceira*, Universidad de Valladolid, Valladolid.
- Vandelvira, Alonso de, 1646, *Libro de cortes de cantería de Alonso de Vandelvira, Arquitecto*, Biblioteca Nacional de España, Ms. 12719. Copia literal y parcial de Felipe Lázaro de Goiti.
- L'Orme, Philibert, *Le premier tome de l'architecture*, 1567. París, Federic Morel.
- Martínez de Aranda, Ginés. c. 1600. *Cerramientos y trazas de montea*. Ms. Servicio Histórico del Ejército, Madrid.
- Portor y Castro, Juan de, 1708, *Cuaderno de Arquitectura*. Biblioteca Nacional de España, Ms. 9114.
- Ruiz el Joven, Hernán, 1550 c. *Libro de Arquitectura*, Biblioteca de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Rokiski Lázaro, María Luz, 1980. 'La cabecera de la iglesia de Priego (Cuenca): Dibujos y tasación', *Cuenca*, nº 17, pp. 27-34.
- Suárez Quevedo, Diego, 2002, 'Felipe Lázaro de Goiti y sus manuscritos de cantería de la Biblioteca Nacional (Madrid). Una aproximación a autor y obra en su contexto', *Anales de Historia del Arte*, nº 12, pp. 129-148.
- Vandelvira, Alonso de. c. 1580. *Libro de trazas de cortes de piedras*. Biblioteca de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid.



LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA TRIDIMENSIONAL EN LA SOLUCIÓN ESTRUCTURAL Y CONSTRUCTIVA DE CERCAS DE MADERA: LA CUBIERTA DE LA FACULTAD DE BIBLIOTECONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA

Antonio GARCÍA BUENO
Francisca ASENSIO TERUEL
Karina MEDINA GRANADOS

Universidad de Granada
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería

INTRODUCCIÓN: EL EDIFICIO Y SU HISTORIA.

La Facultad de Biblioteconomía de la UGR se encuentra en un edificio del s. XIX, ubicado en las proximidades del Monasterio de la Cartuja de Granada, en la zona extramuros de la ciudad. Su traza se debe al arquitecto Francisco Rabanal. El conjunto de la edificación responde a las tendencias propias de la época en la que fue construido, representando un claro exponente del historicismo mudéjar.

El inmueble fue construido entre 1891 y 1894 para noviciado y Colegio de la Compañía de Jesús.



Fig 1. Imagen aérea del edificio. Bing Maps.

La fachada principal está enmarcada por dos torres centrales que dan paso al pórtico de acceso compuesto por tres arcos de herradura con alfiz, cuyas albanegas y trasdós se ornamentan mediante el empleo de listones radiales de ladrillo bordeados de espinillas. Las torres de la fachada siguen el mismo esquema de las torres angulares, sólo que con una fila de arcos de herradura y tres en la parte superior.

En 1916-17, con la colocación en su fachada de un grupo escultórico presidido por la imagen del Sagrado Corazón, en sustitución de la primitiva balaustrada de ladrillo del pórtico, se alteró la unidad y seriación de esa parte de la fachada.

El edificio se coronó con una cubierta inclinada a dos aguas de teja curva cerámica. Estructuralmente está constituida por un sistema de cercas de madera (pino rojo gallego) de par y tirante con un pendolón central que parte desde la hilera que forma la cumbre y descansa en el tirante a través de unas bridas de hierro. Los pares se consolidan a través de los puentes de rigidización que apoyan en el pendolón y sobre ellos, perpendicularmente, las correas, de sección rectangular que se sustentan mediante ejiones y que constituyen la base donde se apoya la tablazón.

En los años 70 fue adquirido por la Universidad de Granada y en 1982 se solicitó al Ministerio de Cultura la calificación del mismo como de interés artístico y fue declarado Bien de Interés Cultural por el Real Decreto 19 de enero de 1983.

Los numerosos usos que ha albergado, han provocado múltiples intervenciones para su adaptación espacial a los mismos. Las principales actuaciones realizadas sobre él las llevaron a cabo los arquitectos Castro Padilla y Gallego Roca.

A finales de los años 80, la saturación del edificio era tal que en 1989 hubo que adaptar el antiguo refectorio y acondicionar uno de los patios interiores para impartir clases. A pesar de los cambios de uso y las transformaciones sufridas, la tipología y características originales del inmueble se han mantenido casi intactas hasta nuestros días.

En el año 2006 la Universidad de Granada encargó la rehabilitación unitaria de las cubiertas del inmueble. El proceso de intervención abarcaba la rehabilitación y saneamiento de todo su conjunto además de algunas actuaciones puntuales en zonas que presentaban patologías graves, tales como deformaciones, rotura de elementos estructurales y problemas de humedades, que dañaban la imagen del edificio además de crear problemas funcionales y de seguridad en el desarrollo de actividades docentes.

El acceso al interior de la cubierta era complicado y peligroso. Además, las condiciones físicas de la misma impedían una visión completa de todo el conjunto. De ahí que se hiciera aún más conveniente un levantamiento tridimensional de la misma para un mejor y más detallado conocimiento tanto de su estado real como de los trabajos a acometer para su rehabilitación.

OBJETIVOS: USO DEL LENGUAJE GRÁFICO TRIDIMENSIONAL EN LAS FASES DE REHABILITACIÓN DE LAS CUBIERTAS.

El objetivo principal tenía un fin dual: como profesionales era la rehabilitación de una interesante cubierta de cerchas de madera bajo las teorías de restauración y reconstrucción asumidas por la legislación vigente en materia de patrimonio; y como docentes de la expresión gráfica era la oportunidad de aplicar nuevos conocimientos gráficos en la práctica real y experimentar la presencia de éstos novedosos métodos en todas las fases del proyecto y de la ejecución, desde las ideas hasta la materialización.

Una de las premisas de la actuación era la de realizar la consolidación de la cubierta con los mínimos trabajos posibles, para lo cual era fundamental tener un conocimiento global y detallado de su geometría y funcionamiento.

Además, las condiciones de ocupación del edificio y la ya mencionada dificultad en el acceso a la misma, afianzó el interés y la necesidad de utilizar los sistemas de dibujo tridimensional con medios informáticos desde el origen de la intervención, comenzando con el levantamiento del estado actual.

Podemos terminar este apartado con lo que Fuentes y Ureña (2011) indican en el capítulo dedicado a "El proyecto digital" en el libro "Dibujo y construcción de la realidad": *"El proyecto realizado con medios digitales tiene como objetivo resolver problemas nuevos, complejos, o enfrentarse a soluciones antiguas con rapidez, posibilitando nuevas formas de hacer"*.

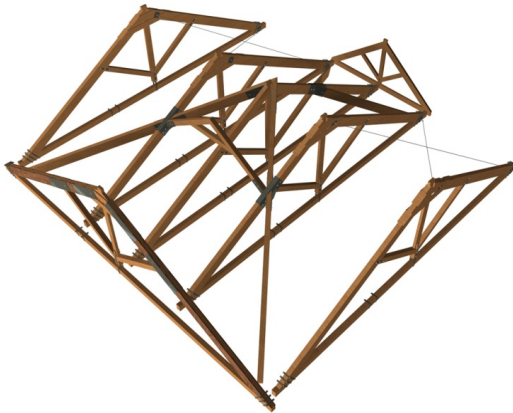


Fig 2. Encuentro de cuatro faldones. 2010. García-Asensio-Medina.

CONTENIDO: EVOLUCIÓN DE LA REPRESENTACIÓN TRIDIMENSIONAL Y APLICACIÓN PRÁCTICA.

Ante el problema complejo que había que resolver, se apostó por la expresión gráfica y el levantamiento tridimensional como sistema para afrontarlo.



A continuación se expone un breve repaso de como la representación arquitectónica ha ido evolucionando y adaptándose a los problemas de cada época con diferentes técnicas gráficas y procedimientos científicos.

La aparición de signos gráficos como abstracción de las formas, llevó a la aparición del lenguaje gráfico y, en concreto, el arquitectónico. Este lenguaje nace como vínculo entre los signos gráficos y la comunicación.

Centrándonos en la representación tridimensional podemos constatar como en las civilizaciones mesopotámica, egipcia, griega y romana los modelos tridimensionales eran básicamente de dos tipos: de carácter simbólico y votivo, no fieles a la representación de la arquitectura, y modelos en piedra, mármol... a modo de maquetas de trabajo más semejantes a la realidad. Éstos últimos eran propios de la cultura romana.

Es en esta época, en el siglo I a.C., cuando la representación de la arquitectura adquiere un verdadero nivel de comunicación con la aparición del tratado de Arquitectura de Vitruvio.

En la Edad Media se manifiestan las presentaciones arquitectónicas tridimensionales en relieves y objetos con formas arquitectónicas como relicarios, escudos, baldaquinos, retablos...

La mayor complejidad constructiva del gótico hizo necesario el uso de nuevos métodos de representación gráfica, apareciendo la perspectiva gótica.

En el Renacimiento y con la especialización del arquitecto, se empezó a utilizar el dibujo arquitectónico de forma habitual, tanto para estudiar arquitecturas anteriores como para la construcción de sus propios edificios, época en la que adquirió también una gran importancia el uso de la maqueta.

Además, fue durante el Renacimiento cuando se produjo un descubrimiento que marcó un hito en la evolución en las técnicas gráficas, "la perspectiva", cuya codificación se suele atribuir a Brunelleschi, y que supuso una nueva concepción del espacio.

El recurso de la perspectiva como método tridimensional de representación gráfica y su mayor economía frente a los modelos y maquetas materiales, así como su fácil modificación, la convirtió en un medio eficaz para la transmisión de información a los operarios.

A finales del s. XVI y s. XVII y con el desarrollo de la óptica se crearon nuevas formas para la representación arquitectónica mediante métodos con ilusiones ópticas tales como el uso de la malla o red, que tensa e interpuesta entre el dibujante y el modelo, facilita el dibujo de composiciones.

En el siglo XVII y XVIII, se usaban tanto para prever la obra a ejecutar como para establecer contratos para la realización de la misma, por lo que cada vez se hacía más necesaria una normalización de la misma.

Es en el siglo XVIII cuando se da el hecho clave para el Dibujo Arquitectónico, con la publicación de la obra del matemático francés Gaspard Monge, que hizo que la representación gráfica adquiriera ese grado de convencionalidad necesario para que todo aquel que conociera sus reglas pudiera comprender perfectamente lo representado.

Gracias a esta evolución en la geometría, esta ciencia se pudo aplicar a más campos. De esta forma, la transformación de los proyectos arquitectónicos, urbanísticos e industriales del siglo XIX, promovieron las nuevas técnicas gráficas y de comunicación atendiendo a las nuevas necesidades técnicas y científicas de esta sociedad.

Estas nuevas necesidades hicieron que apareciera un nuevo tipo de dibujo de arquitectura dirigido al cliente no preparado, perspectivas hechas con acuarelas u óleos que trataban de reflejar la futura realidad. Unos dibujos de Arquitectura muy cuidados que en el siglo XX con el movimiento moderno, volvieron a sufrir una profunda modificación, apostando por una representación más pura y limpia, motivada en gran parte por las necesidades de producción en serie, mecanización y reproducción.

Por todo lo expuesto, podemos decir, que desde que fue posible la reproducción de imágenes, éstas se convirtieron en una parte fundamental de la expresión teórica de la Arquitectura y de sus mecanismos de elaboración y difusión. Por lo que no sólo evolucionó la manera de representar, sino también los diferentes usos en los que se aplicaba.

En nuestros días, la representación virtual tridimensional, se utiliza principalmente para la visualización de espacios, pero en este trabajo, la rehabilitación de las cubiertas de cerchas de madera, se decidió comprobar cómo esta nueva forma de representar podía ayudar en la resolución de los problemas estructurales y constructivos. Manteniendo así la idea de que técnica y uso están en constante evolución adaptándose a las necesidades de cada época.

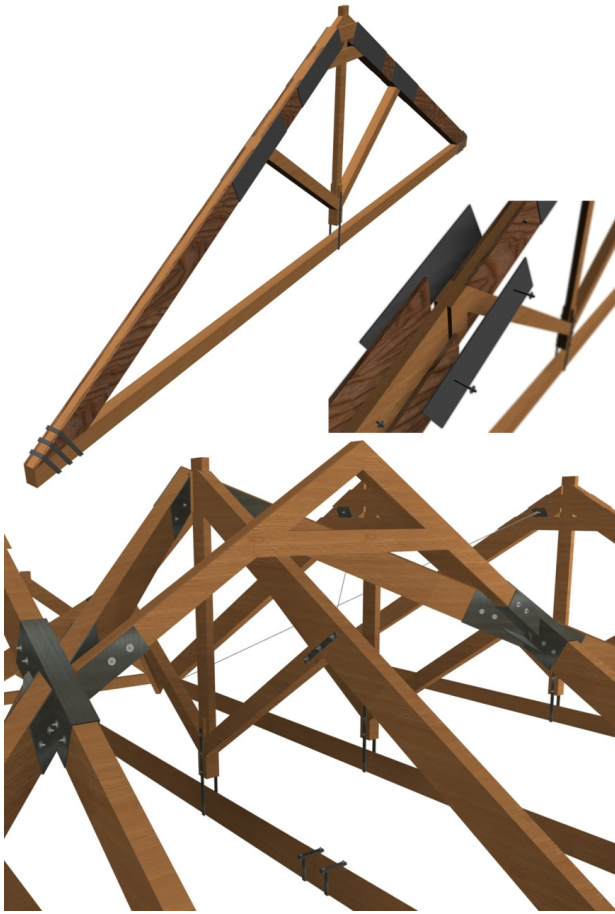


Fig 3. Encuentro de esquina y detalles. 2010. García-Asensio-Medina.

El primer paso fue realizar el levantamiento exacto del estado actual de la cubierta, para lo que, previamente, se decidió hacer un estudio de las herramientas de representación arquitectónica de las que se disponía, y cuales se adaptaban mejor a las necesidades.

Los sistemas CAD (diseño asistido por ordenador) constituyen una herramienta para un diseño más eficaz, con menores errores y que puedan ser probados antes de su ejecución acortando tiempos y abaratando costes. Permiten una evaluación completa del proceso antes de la materialización. No obstante, la tecnología BIM (diseño tridimensional directo) está empezando a desplazar o complementar el CAD y trata de reintegrar de alguna manera gestos del diseño manual.

El sistema BIM, es de gran ayuda para el análisis y soluciones proyectuales de problemas y situaciones en rehabilitación de unidades específicas como es el caso de la rehabilitación de la cubierta de la Facultad de Biblioteconomía de la Universidad de Granada.

Modelar en 3D supone pensar volumétricamente y permite resolver cuestiones constructivas de una forma muy similar a como se resuelven al construir físicamente las unidades y los encuentros. Con estas herramientas gráficas, no se trabaja con imágenes sino con formas.

Aquí se ha efectuado una representación 3D de las cerchas sin inclusión de otros elementos del entorno para ver el sistema constructivo y estructural de las mismas de forma más teórica. Más tarde se incluirían otras variables que ligaban este sistema estructural a su posición física real.

Se pudo comprobar que ciertas soluciones realizadas, no tanto en su origen como en posteriores intervenciones, no eran las más adecuadas. Con el modelo tridimensional se constató que había uniones y maclas que



provocaban un reparto de fuerzas no homogéneo ni equilibrado en ciertos puntos, generando daños en las propias cerchas, cesiones en los faldones de teja y empujes en los muros de carga perimetrales en los que se apoyaban.

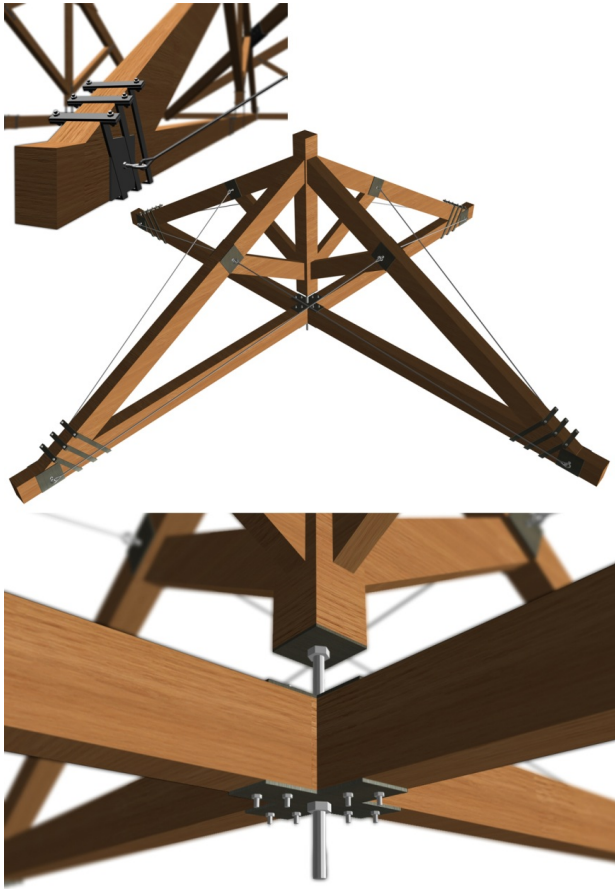


Fig 4. Cerchas de torreón y detalles. 2010. García-Asensio-Medina.

El factor temporal (poder obtener vistas desde cualquier perspectiva en tiempo real) ayudó sobremedida a detectar los desajustes mencionados y a poder ensayar múltiples opciones que llevaron a la adopción de las medidas correctoras finales de una forma más rápida que con la tradicional representación bidimensional.

Igualmente, con el levantamiento tridimensional de los nudos donde se actuó y en los que se adoptaron las nuevas soluciones, se comprobó como el reparto de fuerzas y, en definitiva, el comportamiento tensional general de los mismos era más sencillo y coherente.

En la fase de ejecución de las soluciones, esta metodología también fue muy eficaz en la transmisión y lectura de la información por parte de todos los operarios y armadores que participaron en la obra.

El uso de esta técnica combinada con otras técnicas tradicionales como el levantamiento planimétrico y la toma de fotografías, agilizó el proceso proyectual y constructivo. Frente a estas técnicas tradicionales, las herramientas informáticas ofrecen numerosas ventajas.

Respecto al levantamiento planimétrico, la posibilidad que ofrece la realidad virtual de poder visualizar desde distintos puntos de vista el objeto 3D en el que se trabaja, permite una mayor comprensión de los problemas a la vez que la visualización de perspectivas que por las condiciones físicas de la cubierta, no sería imposible.

Esta metodología es flexible y permite alterar e introducir variables de un modo más rápido, así como hacer saltos hacia atrás o adelante en la introducción de datos. Por tanto, la linealidad del proceso se elimina. Es factible una evaluación a cada paso del proceso desde varios puntos de vista, con inmediatez... con la introducción del movimiento en el proceso y su consulta.

La representación utilizada fue intencionada, selectiva y muestra de forma simplificada los elementos que conforman la cubierta y sus interconexiones.

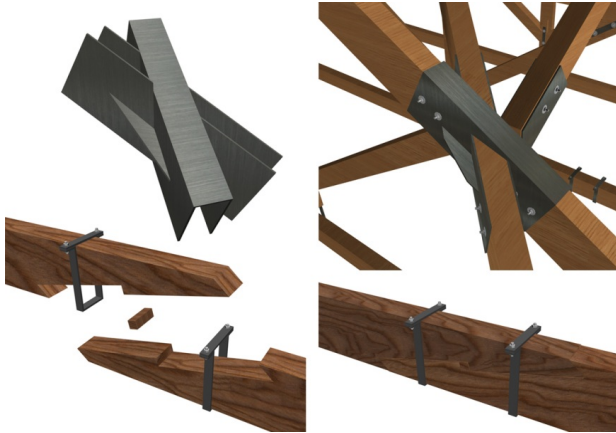


Fig 5. Unión Cola de Júpiter y nudo metálico. 2010. García-Asensio-Medina.

Incluso la fotografía, introduce muchas distorsiones en la descripción del objeto, como las deformaciones debidas a las propiedades físicas del objetivo, o las derivadas por la propia morfología de la cubierta, es decir, la poca distancia de la que se dispone para la toma de las mismas, la falta de luz, las propias cerchas que obstaculizan la visión de los nudos... Como dice Fernando Valderrama en su artículo "Proyecto Cibernéticos. De la Visualización a la Simulación", "*Por extraño que suene, el ordenador puede conseguir una imagen más cercana a la realidad que la fotografía*". Para poder realizar esta labor, sólo hay que tener la información necesaria sobre el objeto, el dominio de la geometría descriptiva para poder construir la estructura objeto de nuestro estudio, y los conocimientos de un programa de visualización adecuado.

Si este estudio se hubiese realizado con técnicas tradicionales únicamente, hubiese sido mucho más costoso y laborioso llegar a los mismos resultados y calidad.

Como decía el francés Poincaré "*La geometría es el arte de razonar bien con dibujos mal hechos*", por tanto, por qué no usar las nuevas tecnologías para que la geometría sea el arte de razonar bien pero con dibujos mejor hechos.

CONCLUSIONES: LA IMPLICACIÓN DEL LENGUAJE GRÁFICO TRIDIMENSIONAL EN EL PROCESO PROYECTUAL Y CONSTRUCTIVO.

Así pues, como conclusión, mostramos este ejemplo para incentivar el uso de estas técnicas gráficas, muy extendidas en el ámbito del diseño y en la obtención de imágenes de resultados finales, para las fases proyectuales y de ejecución de obra en lo concerniente al diseño y definición estructural y constructiva.

El análisis detallado de los modelos digitales, permitió llegar a conclusiones sobre los trabajos a acometer y al por qué de varias de las patologías que presentaba y que eran motivadas fundamentalmente por inadecuadas reparaciones estructurales llevadas a cabo con anterioridad a nuestra intervención.

En la actualidad, el desarrollo de la realidad virtual y los métodos gráficos posibilitados por el avance informático, hacen que la representación tridimensional de todas las fases proyectuales, desde los bocetos e ideas hasta la muestra realista de la futura realidad arquitectónica, pasando por las fases proyectuales para detallar el proceso constructivo a seguir, se hayan convertido en una herramienta muy útil de comunicación, ya que además de llegar a un mayor número de personas por su fácil comprensión, estas representaciones se pueden hacer de una forma sencilla y eficaz, abaratando los costes que supondría hacerlo con técnicas tradicionales.



En el caso de la rehabilitación todos estos procesos se interrelacionan aún de una forma más íntima ya que la representación de la realidad es aún más necesaria para ver desde qué punto se parte, cuáles son las necesidades a cubrir y cuáles los procesos y métodos para la reparación, rehabilitación o restauración.

Los avances informáticos han colonizado todos los procesos creativos. En la arquitectura también, constituyendo una herramienta imprescindible para el proceso proyectual y técnico.

Se trata de un lenguaje globalizado y entendido por diferentes profesiones. Es una nueva forma de expresión y desarrollo de las ideas, y un gran aliado y complemento a otras formas gráficas tradicionales.

Podemos decir que desde el inicio de la representación arquitectónica, ésta ha ido evolucionando con las necesidades de cada época, por lo que es necesario que esta evolución siga su curso natural y vaya adaptándose e incluyendo los nuevos avances y técnicas actuales, para que ese carácter divulgativo sea lo más eficaz posible y la cultura arquitectónica llegue al mayor número de personas.

"Los ordenadores son inútiles, sólo pueden darte respuestas".
Pablo Ruiz Picasso.



Fig 6. Levantamiento del encuentro de esquina. 2010. García-Asensio-Medina.

ENGLISH ABSTRACT

The three-dimensional representation is used as a method of approach and analysis of the current state of the structure. It was observed that certain solutions carried out at its origins, and the subsequent interventions, were not the most appropriate solutions.

In the three-dimensional representation of the nodes on which the new solutions were adopted and implemented, it was discovered how the distribution of loads and the general tension performance thereof, was simpler and more consistent.

This representation was useful in the preliminary studies and design phase of the project and it was also highly effective in the transmission of the solutions to the assemblers during the execution phase of the project.

This example is given to encourage the use of these graphical techniques in the projective phases and in the execution of the works, with regard to the structural and constructive design and definition.

Referencias bibliográficas

- Almagro Gorbea, A., Almagro Vidal, A., *La expresión gráfica en el análisis del patrimonio: El Patio del Crucero del Alcázar de Sevilla*, Grupo de Investigación de Arquitectura Islámica, Granada
- Argüelles Álvarez, R., Arriaga Martitegui, F., Martínez Calleja, J. J., 2000, *Estructuras de madera, diseño y cálculo*, A.I.T.I.M., Madrid.
- Arriaga Martitegui, F., et al., 2002, *Intervención en estructuras de madera*, A.I.T.I.M., Madrid.
- Bonet Saumench, E., et al., 2009, *Rendering para Arquitectos*, Parramón Ediciones, S.A., Barcelona.
- Cabezas, L., et al., 2011, *Dibujo y construcción de la realidad*, Ediciones Cátedra (Grupo Anaya, S.A.), Madrid.
- Casado de Amezúa, J., Gómez-Blanco Pontes, A., 2004, *Dibujar lo que no vemos. X Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*, Universidad de Granada, Granada.

Henares Cuéllar, I. L., López Guzmán, R., 1989, *Arquitectura Mudéjar Granadina*, Caja General de Ahorros y Monte de Piedad, Granada.

Jaén, G., 1992, *Proyecto docente y de investigación*, Escuela Politécnica de la Universidad de Alicante, Alicante.

Manual AutoCAD, 2010, Autodesk.

Manual Autodesk 3D Max, 2010, Autodesk.

Mileto, C., Vegas López-Manzanares, F., 2007, *Renovar Conservando: Manual para la Restauración de la Arquitectura Rural del Rincón de Ademuz*, Mancomunidad de Municipios Rincón de Ademuz, Valencia.

Úbeda Blanco, M., 2005, *El lenguaje del arquitecto*, COACYLE Valladolid, Valladolid.

Valderrama, F., 1991, "Proyectos cibernéticos. De la visualización a la simulación.", *Arquitectura Viva*, nº 20, pp. 73-76.



Pilar GIMENA CÓRDOBA

Universidad de Sevilla
Dpto. Expresión Gráfica Arquitectónica

ABSTRACT

The arrival of modernity to Cordoba supposed a very favorable prognosis for the advance and development of this city.

This transformation was reflected by the presence of personalities and factors that facilitated changes that affected deeply on their structures, processes and practices.

These modifications were expressed clearly in urbanism and in the monumental patrimony, example of which is the case of the construction of the new Chapel Greater and Choir of the Cathedral of Cordoba.

The great precursor of this metamorphosis is the Cathedral Town hall through the successive prelates who occupied the Cordoba seat, deciding, at the end of century XV, the accomplishment of a total reform of the Islamic space.

This investigation focuses on a period of documentation and fieldworks that allow to use a methodology that makes compatible the theoretical and documentary investigation with the analytical tools of drawing, including the graphical analysis as we see next.

INTRODUCCIÓN

En un primer momento, tras la toma de Córdoba en el año 1146, la ocupación cristiana en la aljama cordobesa consistió en ir delimitando mediante rejas ciertas áreas del edificio que pasarían a ser capillas funerarias, sobre todo en el perímetro del mismo. Nunca iban a afectar a la estructura de la construcción quedándose siempre a un nivel epidérmico.

Esto, sin embargo, cambiará a partir del año 1257 cuando se llevaran a cabo las primeras transformaciones espaciales.

El obispo Don Fernando de Mena convirtió el tramo principal de acceso a la ampliación de al-Hákam II en Capilla Mayor (llamada posteriormente de Villaviciosa), sentando las bases de la "Catedral Vieja" (primera gran mutación espacial, originada en 1489, por orden del obispo D. Iñigo Manrique) (Ruiz 2009, 44).

Un año después, Alfonso X fundará la Capilla Real contigua a la anterior, para que en el último tercio del siglo XIV, Enrique II de Trastámara situase bajo ella la Cripta Real.

Con esta composición llega el edificio hasta la primera mitad del siglo XVI, "cuerpo" sobre el que va a intervenir el maestro mayor de la catedral.

Dicho cargo lo ocupaba desde el año 1502 Hernán Ruiz I "el viejo" y continuará en él hasta su muerte en 1547. Sobre él va a recaer todo el peso de las sucesivas reformas.

Estas operaciones se van a dividir en distintas fases, la primera de ellas afecta al exterior del edificio y transcurre entre los años 1505 y 1514. Se va a centrar en la transformación de las galerías del Patio de los Naranjos y en las Puertas situadas en el muro oriental (Villar, 1984).

La segunda fase, objeto de este estudio, afecta al interior del monumento, en el ángulo sureste, desarrollada entre los años 1514 y 1523, centrándonos exclusivamente en la capilla de San Clemente (anteriormente Sala Capitular) y en la actual capilla del Sagrario (Librería capitular ó capilla de Santiago) como veremos a continuación (ver figura 1).

OBJETIVO

Mediante la aplicación de una metodología basada en las herramientas del análisis gráfico se establecerán las "similitudes" o "parámetros de referencia", tanto formales como espaciales, que Hernán Ruiz I diseñará en estas primeras obras de la Catedral y que posteriormente, en el año 1523, perfeccionará con la construcción del nuevo crucero.

Para ello, se va a realizar dibujos que interpretan analíticamente los distintos elementos y que conducen a una hipótesis que conlleva una apuesta consciente por una solución concreta, un modelo tipológico.

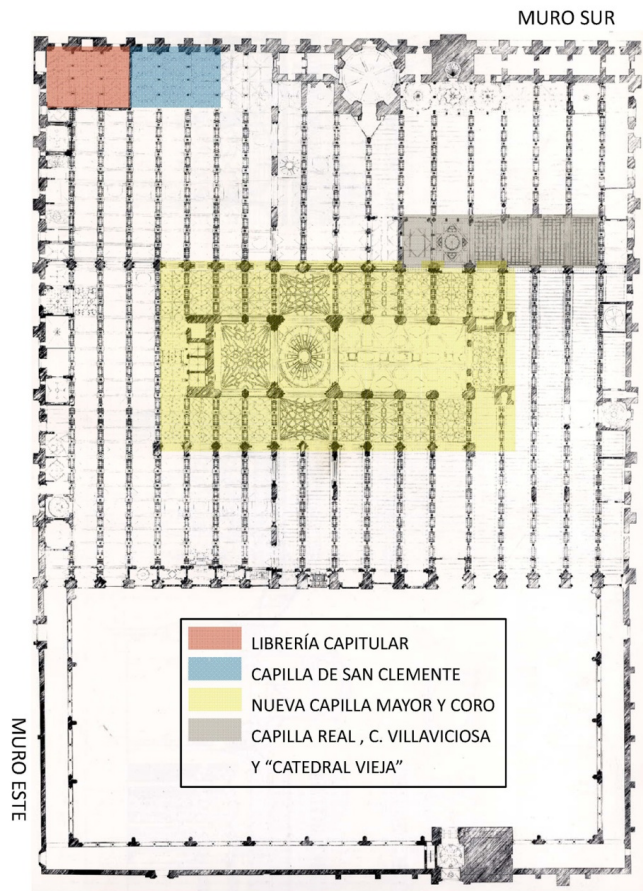


Fig 1. Representación de la ubicación de las dos zonas a estudiar en esta comunicación sobre planta de la Mezquita-Catedral de Córdoba en su estado actual de G. Ruiz Cabrero. 1985. *La Mezquita de Córdoba: planos y dibujos*. Recopilación, Manuel Nieto Cumplido, Carlos Luca de Tena y Alvear. Colegio Oficial de Arquitectos de Andalucía Occidental. Córdoba, 1992

CAPILLA DEL SAGRARIO

1. Historia y Composición

Hasta el siglo XVI la Capilla del Sagrario (como se conoce desde el año 1578) ostentó el nombre de Santiago por fundación de don Juan Ponce de Cabrera y su esposa doña Inés Enríquez (Nieto 1998, 382).

El cambio de uso, a librería, fue producido a partir del 9 de febrero del 1480, día en que se recoge en las actas capitulares, el primer encargo del traslado de la librería capitular (que se encontraba en la capilla contigua de San Clemente) a la de Santiago aunque dicha mudanza nunca se llevo a cabo.

Años después, el 6 septiembre de 1505 debido al estado de conservación de la capilla:

"hordenaron e mandaron que el obrero Gonzalo Ruiz de Espejo adobe la techumbre de la capilla de Santiago para faser la librería como por tres veces se lo tienen dicho e mandado porque los libros que están para poner en ella están mucho perdidos e gastados, lo qual le mandan que luego ponga en obra pasando el día de Nuestra Señora deste presente mes que será lunes, e que comienze el martes so pena de falta". (Suarez 1975)

No obstante, de nuevo, la obra no comienza y existen datos sobre cómo en 1510, todavía se está efectuando recuento de deudas para destinarlas a la construcción de la librería.

Se tardarían siete años más, en 1517, para comenzar las obras. Impulsadas probablemente a raíz de la muerte del obispo don Martín Fernández Angulo que deja en herencia al cabildo su numerosa y selecta (especialmente en manuscritos) librería.

En las Actas Capitulares del 7 de enero de 1517 se recoge: "este día los señores deán e cabildo con acuerdo del señor don Pedro Manrique, provisor deste obispado, mandaron que la librería que agora se haze en esta yglesia en la capilla de Santiago vaya continuando y empeñando con la pared de la capilla del cabildo hasta dar en el adarve de la Iglesia que es en medio de la puerta que dizen de Iherusalem y que se haga de su cimientto y tapiería y la puerta de la iglesia se remeta adentro de manera que venga en medio del arco" (Nieto 1998, 383)



Fig 2. Imagen actual de la capilla del Sagrario. 2012. Foto de Autor

La planta de la mezquita, como ocurrirá con el nuevo Crucero y el resto de capillas, condicionó las medidas del espacio y sus elementos estructurales.

Como se ha podido apreciar en la figura 1, planta general del edificio, todo el recinto ocupa una superficie de tres naves y cuatro intercolumnios, localizada en la esquina sureste de la ampliación de Almanzor.

176

2. Los Elementos: Muros, Apoyos y Bóvedas

Hernán Ruiz I va a delimitar todo el espacio mediante un cerramiento, de manera que crea un nuevo "edificio" dentro de otro.

Para ello utiliza, como es común en todas sus actuaciones, elementos existentes islámicos, los dos muros exteriores de la ampliación de Almanzor (el sur y el este) y proyecta elementos nuevos como el muro medianero con la contigua capilla de San Clemente, en el que comienza a ensañar una "fusión" entre elementos cristianos e islámicos mediante la incorporación de las arcadas islámicas adosadas en el propio muro evitando la demolición de dichos elementos.

En la fachada norte, va a estar caracterizada por estar configurada por tres puertas adinteladas, probablemente debido a su uso, librería.

Todas ellas están ubicadas en el centro de cada nave islámica. De las cuales, sólo se conservan las dos laterales, pues la central, fue modificada al convertirse en Sagrario en 1571 por Hernán Ruiz III.

La decoración de estas puertas está compuesta por el entrecruzamiento de baquetones en sus vértices superiores, por lo que se concentra en la parte superior de cada una de ellas.

En el interior del recinto, hace convivir ambas estructuras arquitectónicas (islámica y cristiana), reponiendo las columnas y arcadas de la mezquita, pero cubiertas y delimitadas por su propio lenguaje arquitectónico, el gótico cristiano (ver figura 3).

Hernán Ruiz I va a considerar las líneas de arcadas islámicas como muros principales, que son los que dividen la superficie del recinto en tres naves independientes, sobre los que se van a descargar los diversos esfuerzos que transmiten de las techumbres.

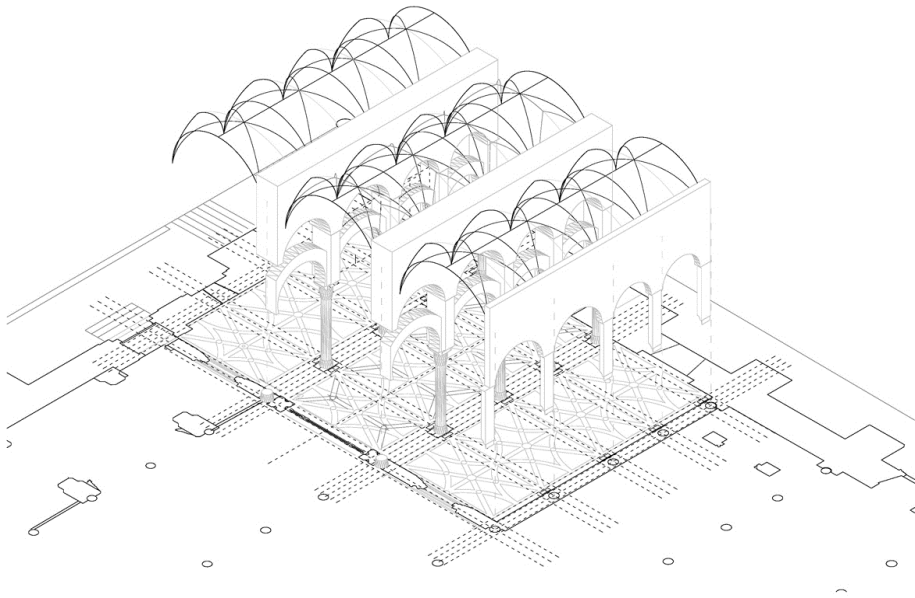


Fig 3. Hipótesis sobre el esquema tipológico espacial propuesto por Hernán Ruiz I en su proyecto de transformación de la capilla de Santiago a Librería Capitular sobre planta de G. Ruiz Cabrero. 2012. Dibujo de autor. Se ha querido representar junto con los muros que configuran las naves (arcadas islámicas), los arcos torales y los nervios estructurales que sustentan las bóvedas.

Cada nave es cubierta por una bóveda longitudinal que a su vez es interceptada por otras cuatro bóvedas de crucería en dirección transversal apoyando de muro a muro en la dirección principal paralela a las líneas que se configuran de arcos islámicos.

Dichas bóvedas apoyan sus nervios en ménsulas. Falsos apoyos que se ubican, generalmente, sobre las columnas islámicas que componen las distintas arcadas que recorren las naves (lo que hace que todo el conjunto ofrezca una gran resistencia y estabilidad).

Cuando es posible, el arquitecto respeta la alineación que anteriormente he mencionado entre ménsulas y fustes de columnas, reforzando la idea de subdivisión transversal de la bóveda, pero cuando nos acercamos a un muro en perpendicular a la dirección principal de la bóveda; la ménsula desde donde arrancan los nervios, por pura lógica constructiva, se dispone en la esquina entre ambos muros, el de la línea de arcada y el muro de cerramiento; saliéndose esta posición de la ménsula, de la alineación a eje de las columnas islámicas.

Esta decisión refuerza la idea de que Hernán Ruiz "el viejo" concibe en su proyecto para la librería capitular una única bóveda por nave en la dirección principal, la paralela a las arcadas, la cual enriquece no sólo con la lectura transversal, que es secundaria, fruto de la intención del arquitecto de integrar el nuevo espacio con el anterior islámico, sino con la propia lectura espacial de continuidades y entrelazamientos de los nervios secundarios de las bóvedas que recorren y cubren el recinto.

Estas ideas y conceptos van a marcar todas las siguientes actuaciones en la catedral, repitiéndose en las siguientes capillas y en el nuevo crucero de la catedral.

Fijándonos en la generatriz de las bóvedas de las capillas del Sagrario y San Clemente, que son las que en esta comunicación vamos a estudiar, a simple vista parece de medio punto al tener las dimensiones entre altura y anchura muy similares. Pero cuando se reduce el espacio entre líneas de columnas (muros) el arquitecto opta por conservar la misma altura, que al reducirse la anchura, resulta un arco ojival y por tanto una bóveda apuntada.

Como se puede apreciar a simple vista, las bóvedas de las dos naves de los extremos son idénticas, siendo la central de una complejidad mayor al incorporarse al modelo anterior los terceletes (primer ensayo de las bóvedas de la capilla de San Clemente).



Estas bóvedas están compuestas por diagonales y terceletes decorados con claves y una especie de espinazo que marca la dirección principal de dichas naves (ver figura 4).

Este tipo de bóvedas subdividen la superficie en varios campos resultando, en cada una de ellas, un despliegue de nervios y plementos, lo que implica, una gran complejidad formal y constructiva.

Como he comentado, este esquema va a repetirse un año después en la Capilla de San Clemente (como veremos a continuación) y en 1523, en todas las bóvedas de las capillas perimetrales "virtuales" que rodean a la Capilla Mayor y coro nuevos, estableciendo una referencia tipológica que luego utilizará en posteriores obras.

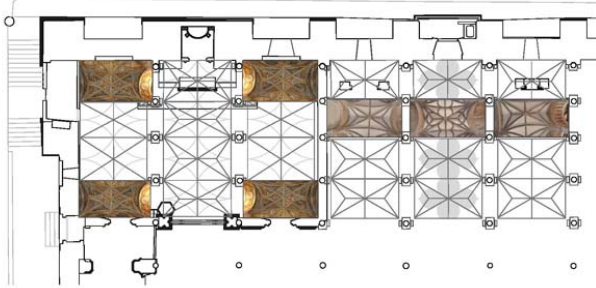


Fig 4. Configuración y esquema de trazado de las bóvedas de la Librería capitular y la Capilla de San Clemente sobre planta de G. Ruiz Cabrero, 1985. *La Mezquita de Córdoba: planos y dibujos*. Recopilación, Manuel Nieto Cumplido, Carlos Luca de Tena y Alvear. Colegio Oficial de Arquitectos de Andalucía Occidental. Córdoba, 1992. 2012. Dibujo de autor.

A través de las dos tonalidades de grises se han jerarquizado los distintos nervios que componen las bóvedas. Por un lado, de color más oscuro los estructurales, que aparecen además representados en la figura anterior, la número 3 y en la figura número 6, el resto, de tonalidad más clara, secundarios.

CAPILLA DE SAN CLEMENTE

1. Historia y Composición

Contigua a la capilla del Sagrario (que acabamos de ver) se encuentra lo que fue la Capilla de San Clemente, también conocida como Sala Capitular.

Fue la primera capilla que se labró en la mezquita catedral por orden del rey Fernando III EL Santo, conquistador de Córdoba.

Posteriormente, en 1262, Alfonso X el Sabio la cede a don Gonzalo Iváñez Dovinal, primer señor de Aguilar. (Ramírez de las Casas-Deza 1866, 98).

Permanecerá en esta familia hasta mediados del siglo XIV, a partir del cual va a ser destinada a Sala Capitular, llegando a decidir un acuerdo el 17 de mayo de 1398, ante la inminente donación de Tel González de Aguilar que consistiría en aceptar por válidos sólo los cabildos que se celebraran en esta capilla de San Clemente. (Nieto 1998, 379).

A comienzos de siglo XVI, su estado de conservación debía ser muy deficiente por lo que se empieza a plantear una futura actuación sobre este espacio.

La reforma de esta capilla corre paralela a la edificación de la librería ya que en la reunión del 12 julio de 1516 se da orden al obrero para que "comienze a basar la capilla para la librería en la capilla Santiago o la capilla del Cabildo...". Orden que vuelve a confirmarse meses más tarde en la reunión del 22 octubre del mismo año. (Suarez 1975)

Aún así, las obras no comienzan hasta el 22 enero del 1518 y tienen una duración de diez meses, pues el 22 de noviembre se celebra el primer cabildo en la capilla de San Clemente ya restaurada.

Posee una superficie similar a la Capilla del Sagrario, tres naves por cuatro intercolumnios islámicos. Sobre los que se va aplicar de nuevo, el modelo tipológico que antes hemos examinado, y del que actualmente sólo queda sus cubiertas.



Fig 5. Imagen actual de la nave central de la capilla de San Clemente. 2012. Foto de Autor

2. Los Elementos: Apoyos y Bóvedas

Durante las campañas de restauraciones producidas en el año 1934 llevadas a cabo por el arquitecto F. Hernández Giménez se decidió el derribo total del cerramiento de la capilla. Al no haber dejado memoria escrita de sus obras, nada puede saberse de dicho cerramiento.

No obstante, si bien en planta no se diferencia este recinto con las contiguas capillas de los Sosa y de los Recaudos, con sólo mirar para arriba cada espacio adquiere su propia independencia (ver figura 6).

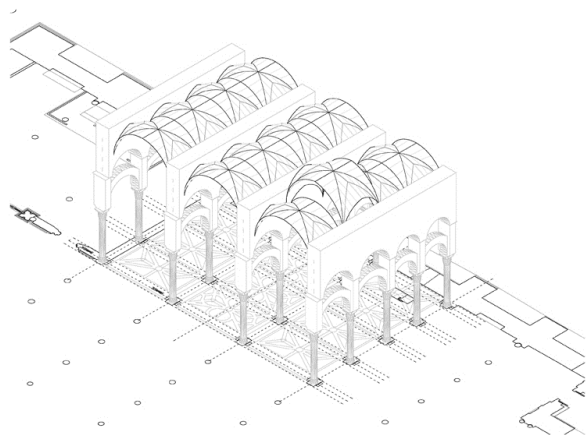


Fig 6. Hipótesis sobre el esquema tipológico espacial propuesto por Hernán Ruiz I en la capilla de San Clemente sobre planta de G. Ruiz Cabrero. 2012. Dibujo de autor. Al igual que en la figura 3, se ha representado únicamente los muros que configuran las naves (arcadas islámicas), los arcos torales y los nervios estructurales que sustentan las bóvedas.

El sistema empleado para las tres naves que forman la capilla de San Clemente, al igual que en el caso anterior de la librería capitular, es el de una bóveda longitudinal que a su vez es interceptada por otras cuatro bóvedas de crucería en dirección transversal, estableciendo dos diferencias.

La primera de ellas, sólo a nivel epidérmico.



En las bóvedas de la nave central, introduce nervios combados, formando una cuatrifolia. De esta manera consigue enriquecer aún más el modelo tipológico propuesto en la Capilla del Sagrario, que como ya he comentado, luego repetirá en muchas de sus obras.

El resto de bóvedas, situadas en las naves laterales poseen una composición similar a las descritas en la anterior capilla. Con diagonales, terceletos y espinazo que une las distintas claves marcando la dirección principal (norte – sur).

La segunda diferencia, radica precisamente en una de estas bóvedas laterales, en concreto la que ocupa el lugar más occidental.

La bóveda transversal formada por la intersección de la nave con el tercer intercolumnio (si partimos del muro sur de la Catedral) presenta además de la composición anterior un lucernario por el que entra la luz exterior al recinto y por lo tanto, adquiere una mayor dimensión en altura.

Todo el conjunto de bóvedas del recinto descansa sobre los falsos apoyos ya mencionados, que se disponen sobre los fustes islámicos, decorados en este caso en concreto con cabezas de ángeles y personajes.

CONCLUSIONES

La construcción de la Librería y la sala Capitular supone un hito en la construcción del nuevo crucero de la Catedral.

Como hemos podido observar en esta comunicación, Hernán Ruiz I plantea en sus primeras actuaciones dentro de la Catedral de Córdoba una auténtica "fusión" de dos organismos completamente distintos, viejo y nuevo, islámico y cristiano.

La coherencia de este planteamiento conceptual de adecuación a lo existente se muestra claramente en la adaptación de la concepción morfológica gótica a los distintos recintos, estableciendo un modelo tipológico de referencia que será el germen de la nueva Capilla Mayor y Coro, utilizando para ello unos parámetros de respeto, de sensibilidad propios de un maestro.

Referencias bibliográficas

Gimena Córdoba, Pilar. 2010, TFM *Cultura y Sostenibilidad. La Catedral Gótica de Córdoba como modelo de intervención*. Universidad de Sevilla. Inédito

Nieto Cumplido, Manuel, Luca de Tena y Alvear, Carlos. 1992, *La Mezquita de Córdoba : planos y dibujos*. Colegio Oficial de Arquitectos de Andalucía Occidental, Córdoba.

Nieto Cumplido, Manuel. 1998, *La Catedral de Córdoba*. Publicaciones de la Obra Social y Cultural de Cajasur, Córdoba.

Ramírez de las Casas-Deza, Luis. 1866, *Descripción de la Iglesia Catedral de Córdoba*. Imprenta de Rafael Rojo. Córdoba.

Ruiz Cabrero, Gabriel. 2009, *Dibujos de la Catedral de Córdoba: visiones de la mezquita*. Cabildo de la Catedral de Córdoba. Córdoba.

Suarez Garmendia, José María. 1975, Memoria de Licenciatura, *Hernán Ruiz I en la ciudad de Córdoba*. Universidad de Sevilla. Inédito.

Villar Movellán, Alberto. 1984, *La catedral de Córdoba*. Cuadernos de patrimonio, Caja de San Fernando, Córdoba.

VVAA. 1986, *Córdoba y su provincia*. Editorial Gevers S.L. Sevilla.

VVAA. 1994, *Córdoba Capital. Arte*. Publicaciones de la Caja Provincial de Ahorros de Córdoba, Córdoba.

LOS RELIEVES Y GRUPOS ESCULTORICOS, EN LA REPRESENTACION GRÁFICA DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO

Jorge GIRBÉS PÉREZ
Ernesto FAUBEL CUBELLS
Enrique HERNANDEZ MUÑOZ

Universitat Politècnica de Valencia
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica

The Graphic Representation of surveyed Architectural Heritage is currently immersed in a process of continual change. The many, varied, recent advances in new (or now not so new) technologies have made instruments available to aid the "Graphic Documentation of studied Heritage " which has led to new procedures and methodologies in the process of documenting our heritage as regards architecture.

One of the problems (or defects), however, which still arise in the survey process, has remained the same for many years. Is it important to portray the building's Reliefs and Bas-reliefs? Should the buildings sculptures be represented?.

These sculptures, reliefs, etc, are part of the building. They are frequently the defining element which sets one building apart from another (or which differentiates one architect from another), imagine the "Villa Rotonda", if we take away its sculptured features, it could easily be a building by Boule or Ledoux for example. It's the sculptured features which define it as being the work of Andrea Palladio.

Iconografía e Iconología estas palabras de uso muy frecuente en el mundo griego, provienen de dos raíces distintas: ixvoç (huella de la planta), eikwv (imagen o retrato). Iconología (Eikovoloyía) es usado por Platón con el significado de "un lenguaje como figurado", y aparece otra vez en Europa en el año 1593, como un término para definir el libro de Cesare Ripa (Iconologia, Roma, 1593). Iconografía (Eíxovoympía) como "pintura o dibujo de retratos", o como "descripción de imágenes (rostros)", que es el empleo que se conserva hasta hoy en día, si bien acrecentado, en la profundidad del estudio, por las obras de E. Mále . Estos términos junto el de Iconología (Representación en Planta, usado por Vitrubio en De Architectura libri decem, I, 2; entre los años 25-23 a.C), nos indican expresiones olvidadas, pero que en su origen definen claramente su intención, la representación de elementos que en la actualidad estamos dejando de representar.

La Representación Gráfica del Patrimonio que se estudia (en nuestro caso Arquitectónico), se encuentra en la actualidad dentro de un proceso de cambios tecnológicos continuos. Los múltiples, sucesivos y variados adelantos en nuevas (o ya no tan nuevas) tecnologías de los últimos años, han puesto al servicio de la "Documentación Gráfica del Patrimonio estudiado", instrumentos que han dado lugar a novedosos procedimientos y metodologías a la hora de documentar nuestro patrimonio paleontológico, arqueológico, mueble o arquitectónico. Todos estos medios tienden a "automatizar" los procesos, reduciendo o porque no decirlo anulando el factor humano en estos trabajos, pero la productividad frente a la parte artística siempre (y por desgracia) ganará.

Esta dispersión e infinidad de métodos y formas en el levantamiento, llegan incluso a crear problemas a la hora de seleccionar de forma correcta el método más adecuado para el levantamiento que en ese momento nos preocupa.

Nos encontramos en una situación en que la Redacción de los Proyectos Arquitectónicos o por qué no decirlo de "Proyectos Técnicos", entra en una sistemática de redacción tal que la calidad, la definición y en concreto que el objeto sea legible en los "Planos" es poco o nada importante. Indefiniciones en Planos, no correspondencias, incorrecciones de escalas, etc. que convierten el Proyecto en un mero elemento para conseguir la Licencia para las obras, los "Problemas", se solucionarán luego en obra y ya veremos.

En la actualidad y tal como comento al principio, disponemos de la tecnología suficiente y del tiempo (dada la crisis actual y el poco trabajo existente) más que suficiente, para REDACTAR Y LEVANTAR estos Proyectos de forma correcta y sobre todo de forma completa, y con la máxima definición.

Lo curioso, es que cuando entramos en este tipo de levantamientos, normalmente de elementos "Patrimoniales", la definición del objeto, deja en ocasiones mucho que desear. Excesivas simplificaciones, falta de planos de detalles de los elementos existentes, etc.

Pero uno de los problemas (o defectos) que continúan en estos levantamientos, sigue siendo el mismo que el de hace muchos años. ¿Es importante representar los Relieves o Bajorrelieves existentes en el Edificio que estamos



estudiando y analizando?, ¿Representamos los grupos escultóricos del Edificio?, ¿Debemos definir los huecos de las Fachadas con mayor nivel?, ¿Los relieves que aparecen, debemos definirlos?. Como Profesor de Expresión Gráfica, la contestación es clara : "Para mí, sí, es importante, considero necesario el representarlos" y como profesional al que le preocupa el Patrimonio arquitectónico que tenemos, y que en muchas ocasiones es un Patrimonio que estamos dejando de lado y abandonando, pues con todo esto, con mayor motivo.

Según el Maestro Don Antonio Gaudí i Cornet (1852-1926)"... para que una obra arquitectónica sea bella, es necesario que se ajusten todos sus elementos en cuanto a situación, dimensión, forma y color ..., par que esté representado de forma legible, su dimensión y forma son las correctas..." (Giralt-Miracle 2002). No podemos en la actualidad imaginar las Superficies Regladas de Gaudí, sin un correcto levantamiento gráfico, que permita observar e interpretar la Forma. Si para estos elementos "complejos", nos esmeramos al máximo, ¿porque no hacemos lo mismo con elementos sencillos que definen la correcta forma del objeto?

El problema viene cuando discutes esta necesidad de representar "Todo" el Edificio y no "Mutilar" el plano representado, con otros profesionales y técnicos, encuentras respuestas como: "... no es necesario definir tanto, no vale para nada...", " ... es redundante, para que definir, si luego hacemos lo que quieren ...", etc.

Cuando iniciaba mi Tesis doctoral, recuerdo con cierta tristeza el comentario de una "personalidad" política, que llegó a decirme "... los Panteones del Cementerio General y de cualquier otro cementerio de la Ciudad, no nos interesan, tienen cruces, son católicos y son de poco interés...", hablando claro me quedé con ganas de decirle que "como el muerto no vota, pues eso ... que no interesa, que daba igual que existieran cruces, estrellas y lunas crecientes juntas ..., que existieran Panteones trasladados pieza a pieza en Mármol de Carrara, trasladadas desde la mismísima ciudad de Pisa, eso era poco importante ... ".

Cuando encontramos fuentes documentales del edificio que estudiamos, debemos inicialmente concentrarnos en la definición general del edificio, para poco apoco ir entrando en estudios más pequeños y más reducidos de la forma. Primero dataremos la fuente, posteriormente estudiaremos las partes del mismo y sus readaptaciones y cambios. Estudiar si se producen cambios entre esa documentación y lo actual, e incluso si se posee otra información, el poder ir clasificando y organizando secuencialmente toda la documentación obtenida y comparar, documentar y obtener información de los sucesivos cambios que se producen. (Albardonedo 2009. p. 11-19)

Si hablamos de Patrimonio, lo que existe, tiene una forma y no podemos o por lo menos no debemos alterar la realidad formal de este; si alteramos esto, llegaremos a tener que diferenciar entre "patrimonio y PATRIMONIO", el primero al que por dejadez , llegamos a mutilar, anulando sus formas y su sentido, y el segundo, el que respetamos cuidamos y porque no decirlo "mimamos". Si el primero fue Patrimonio, lo segundo lo es, y no debemos permitir el que se produzca esa modificación de la forma del Edificio, ni olvidar para que fue construido. Pero el gran error está en permitir lo anterior, en diferenciar entre esos "dos Patrimonios", no debimos nunca el permitir esa diferenciación, nuestro Patrimonio es el que es, nos puede gustar más o menos, tener mayor o menor calidad arquitectónica, constructiva o formal, pero el Patrimonio es ese. No lo modifiquemos.

Los grupos escultóricos, relieves, etc., son parte del edificio, son en muchas ocasiones "el Todo" que diferencia un edificio de otro (que diferencia un autor de otro), imaginemos la "Villa Rotonda", si eliminamos esta parte escultórica, bien podría ser cualquier edificio de Boulle, Ledoux o de cualquier otro, y no de su verdadero autor , el arquitecto Andrea Palladio.

Por esto cuando contemplo dibujos de compañeros profesionales y en muchas ocasiones de alumnos, en los que no aparecen estos elementos, encuentro que se está faltando a la verdad sobre el edificio representado, que estamos mutilando el propio edificio y escondiendo u ocultando parte de él.

Hablando con compañeros profesores de Universidades cercanas a L´Aquila, Asis y aquí en España de Lorca, me dicen muchos que gracias a antiguos trabajos de alumnos, se tiene información "Gráfica y Documental" de los edificios, y que gracias a esta, se tienen datos reales del edificio dañado y que con los trabajos actuales o más recientes de los alumnos, no se conseguía nada, por estar faltos de información y definición. Esto nos indica que la exigencia como profesores está bajando de forma más que preocupante, si como estudiantes no se les exige, no se les pide una definición correcta de las formas, como profesional (cuando tenga el Título), tampoco se lo "exigirá así mismo", con lo que entraremos en una espiral de incorrecciones e indefiniciones, muy peligrosa.

Los cambios de uso sucesivos de un edificio, al que podemos añadir el inexorable paso del tiempo, hace que se produzcan alteraciones en el edificio; estas alteraciones, estas modificaciones por intervenciones más o menos adecuadas, alteran la imagen inicial del edificio. Si esta imagen inicial no está completamente representada gráficamente, si las alteraciones por intervenciones, tampoco están representadas, la imagen final del edificio resultante, quedará desfigurada y distorsionada de lo que en un principio fue la realidad del edificio, en el que todo parecido con lo original queda en una mera coincidencia.

Debemos ser consecuentes con lo que reproducimos en nuestros dibujos, respetar la forma y representar el objeto a estudio tal como es, completo, sin faltas que a la largan "desinforman" sobre cómo era verdaderamente el edificio.

Si comparamos las primeras imágenes (Figura 1) la diferencia es escasa, cuanto apenas se pierde información formal, solo dejamos de representar los relieves y elementos decorativos, su volumen completo, su forma no se pierde, pero perdemos "información " real del objeto.

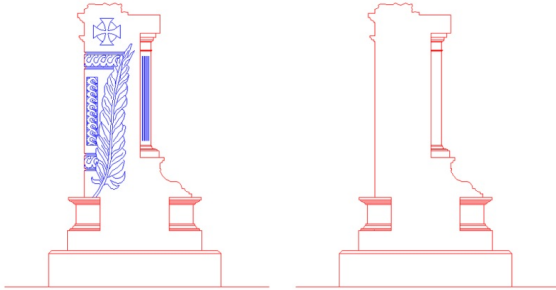


Fig 1. Panteón Familia Albacar Tournier. Dibujos Tesis Doctoral. 2009. Jorge Girbés Pérez.

Si somos consecuente con lo que reproducimos en nuestros dibujos, respetamos la forma y representamos el objeto a estudio tal como es, nos queda como el de la Figura 2, en la que nos encontramos la representación del Arquitecto José M.M. Cortina del Panteón para su Familia.

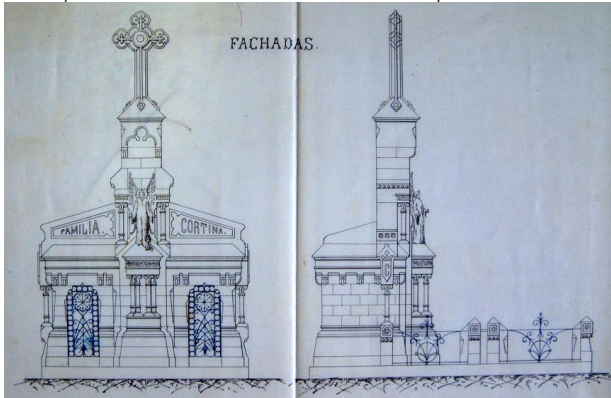


Fig 2. Panteón Familia Cortina. Dibujos originales del Arquitecto Cortina 1899. Archivo Histórico Municipal.

Si estos dibujos los comparamos con los dos siguientes, nos encontramos con una mutilación de parte del primer dibujo por una antigua ley que nos impedía el representar los nombres (Titulares) de elementos de arquitectura Funeraria (salvo Contratación), ley en actualidad relegada a representaciones fotográficas. La figura 4, será la misma representación pero sin la limitaciones legales comentadas.

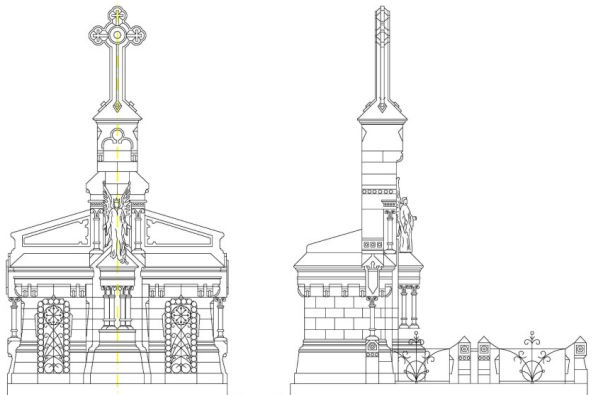


Fig 3. Panteón Familia Cortina. Dibujos Tesis Doctoral. 2009. Jorge Girbés Pérez.





Fig 4. Panteón Familia Cortina. Dibujo original de los alumnos Marta Bono Cremades y Bernardo Genao Castro, modificados por Jorge Girbés Pérez (Trabajo Final de Grado, Acuerdo Ayuntamiento-Escuela-Propietarios Panteones, Profesor responsable Jorge Girbés Pérez). 2012. Con la autorización de los Alumnos.

Como podemos apreciar, una cosa son las modificaciones existentes entre el "Proyecto Original" y lo que se "construye". Distinto es que estas modificaciones por un mal estudio, incorrecto análisis y trabajo de forma inadecuada se consideren como modificaciones posteriores por intervenciones, desde este momento, aceptado este error e introduciendo información falsa en el estudio, nos cargamos el proceso analítico del objeto que representamos para su estudio, catalogación, etc.

Con este escrito y sus imágenes, no pretendo más que recordarnos la necesidad de representar "algo" que es del edificio y que bien por comodidad, o por otros motivos no estamos representando, e incluso como profesores de Expresión gráfica no estamos exigiendo a nuestros alumnos que lo representen, si como alumnos no lo representan como técnicos tampoco, con lo que estaremos mintiendo sobre la "realidad del edificio representado".

En las últimas imágenes, nos encontramos con un estudio, de la "Villa Rotonda de Palladio en Vicenza", donde por desgracia nos encontramos con las incorrecciones de no "dibujar" los grupos escultóricos y la de definir dentro del dibujo, colores proyecciones de sombras, etc.

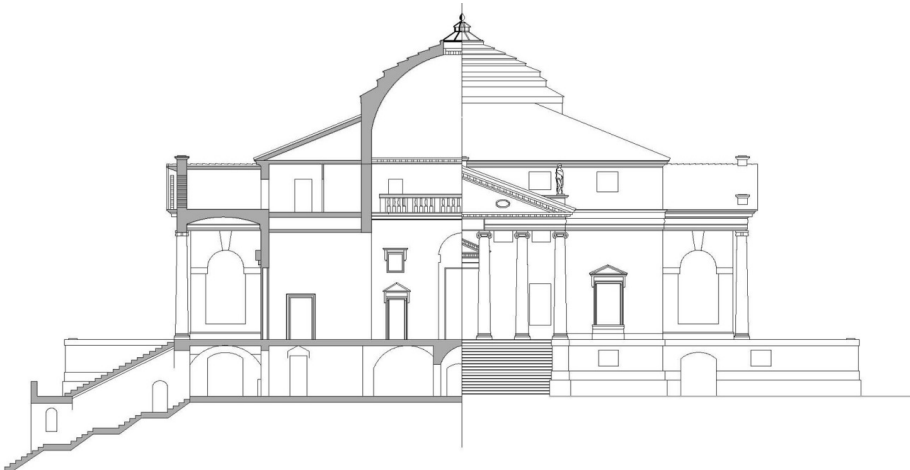


Fig 5. Villa Rotonda. 2004. Jorge Girbés Pérez.



Fig 6. Villa Rotonda. 2006. Jorge Girbés Pérez.



Fig 7. Villa Rotonda. Fotografía Rectificada Cartel Exposición Internacional. 2010.

Referencias bibliográficas

Antonio J. Albaronedo Freire " Análisis de una fuente gráfica: Los planos más antiguos conservados del claustro principal e Iglesia del Convento de Madre de Dios de Sevilla" Actas del VI Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Valencia 2009. Instituto Juan de Herrera. Madrid 2009.

Daniel Giral-Miracle. "Gaudí. La búsqueda de la Forma". Ajuntament de Barcelona. Lunweg Editores. Barcelona 2002.

Jorge Girbés Pérez. "Dibujar lo que no Vemos. Actas del X Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica". En la Ponencia "Arquitectura funeraria de la Ciudad de Valencia". Granada 2004.

Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica. "Investigando los Bienes Inmuebles", Jorge Girbés Pérez "Arquitectura Funeraria de la Ciudad de Valencia, el Cementerio General" p.126-131. Valencia 2005.

Jorge Girbés Pérez. Tesis Doctoral. Valencia 2009.

Jorge Girbés Pérez. "Historia de la Ciudad. VI. Proyecto y Complejidad" en "Los Cementerios Intramuros. una mejora urbana perdida. Arquitectura Funeraria, Arquitectura desconocida. El Cementerio General de Valencia" p.312-324. Valencia 2010

Jorge Girbés Pérez. " El Cementerio General de Valencia. José M. Manuel Cortina Pérez y su Arquitectura Funeraria." Actas del XIII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Valencia 2010.



Jorge Girbés Pérez. "Fabular edificando: La obra de CORTINA", en "La arquitectura Funeraria, el Cementerio General y otros Cementerios de Valencia, José María Manuel Cortina Pérez". Generalitat Valenciana, Consorcio de Museos. Valencia 2011.

Josep Gomez, Jordi Coll, Juan C. Melero, Mark C. Burry. "La Sagrada Familia de Gaudí al CAD". Ediciones de la Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona 1996.

Rafael Moneo Valles. "La vida de los edificios. Las ampliaciones de la Mezquita de Córdoba", Arquitectura nº 256, año LXVI, IV época, sep.-oct. 1985, Madrid COAM, pp. 26-36

José Antonio Ruiz de la Rosa." Traza y Simetría de la Arquitectura. En la Antigüedad y Medioevo, publicaciones de la Universidad de Sevilla 1987.

EL DIBUJO COMO HERRAMIENTA DE INVESTIGACIÓN: TIPOLOGÍA DE VIVIENDA EN LOS POBLADOS DIRIGIDOS. MADRID 1956-1959

M^a del Puig GUILLEM GONZÁLEZ-BLANCH

Universidad Politécnica de Madrid. ETSAM
Departamento de Ideación Gráfica Arquitectónica

The research about the directed absorption settlements, known as *poblados dirigidos*, gives us an opportunity to open the debate on social housing. This is a research, through drawing, about different types of housing for limited income directed settlements in Madrid: Entrevías, Orcasitas, Manoteras Almendrales, Caño Roto, Canillas and Fuencarral. The settlements become a field of formal and compositional experimentation.

It is essential to use as a methodology the study of the different scales of approach to housing, from urban scale to the construction detail, starting with an explanation of how the housing is adapted to the urban level, the relationship of the house with adjacent houses, how to group various units within the same building, traffic within the house, surfaces, orientation. The drawing of the houses is itself an important part of the findings of this research.

INTRODUCCIÓN

Esta comunicación está basada en parte de la tesis doctoral "*Tipología de vivienda en los poblados dirigidos de renta limitada. Madrid 1956-1959*". La herramienta fundamental para la investigación ha sido el dibujo; el contenido principal de esta comunicación es precisamente: la investigación a través del dibujo de las distintas tipologías de viviendas de los poblados dirigidos de renta limitada de Madrid: Entrevías, Orcasitas, Manoteras, Almendrales, Caño Roto, Canillas y Fuencarral.

Comenzamos con una breve introducción para contextualizar los poblados dirigidos de renta limitada en Madrid. La actuación urbanística a través de poblados dirigidos tiene unas características singulares ya que en su concepción participaron no sólo políticos y legisladores, sino también sociólogos, arquitectos y urbanistas, erradicando el chabolismo en la periferia. Esto nos permite reconocer la importancia de la aportación interdisciplinaria a la hora de acometer una cuestión de esta magnitud.

La autoconstrucción o prestación personal en los poblados es otro aspecto novedoso en la legislación de vivienda social española, y en ella confluyen dos objetivos: construir viviendas de renta limitada, requerido por el Plan Nacional de viviendas y, a su vez, mitigar el desempleo de los inmigrantes sin cualificación, provenientes del campo.

Esta investigación nos da la oportunidad de conocer los mecanismos ingeniosos que, pese a la escasez de materiales del momento, a la precariedad de la maquinaria y de los medios auxiliares, y a la mano de obra no cualificada, resuelven el problema de la vivienda con una arquitectura de calidad que vemos plasmada en los dibujos de las diferentes tipologías.

Los poblados serán una excepción en el marco legislativo que aborda el tema de la vivienda social, puesto que, aunque desde la ley se incentiva la participación de la iniciativa privada, ya que son los propios beneficiarios los promotores de las viviendas, no se tolera la especulación ni el beneficio directo. Por el contrario, en la segunda fase de poblados, enmarcados en el Plan de Urgencia Social, se busca abaratar las casas construyendo viviendas subvencionadas, no de renta limitada. Estas viviendas son en altura, tipología no válida para la prestación personal, debido al elevado coste del suelo, sin que el INV (Instituto Nacional de la Vivienda) facilite la dirección facultativa del arquitecto como en la primera fase, y buscando por parte de los promotores el beneficio en la construcción (ellos mismos se encargan de la adquisición del suelo), aunque esto sea en detrimento de la calidad de la misma. Se promueve la venta frente al alquiler, la promoción privada frente a la estatal. Supone un cambio radical en la política de vivienda y en la política económica que coincide con la aparición del nuevo Ministerio de la Vivienda.

Junto con las ayudas para la promoción de las viviendas de renta limitada, desde la Administración se incita al uso de elementos normalizados y tipificados, haciendo de los materiales empleados en los poblados una mezcla entre los de la arquitectura popular española y la fabricación en serie propia del movimiento moderno. Las convocatorias del INV de concursos experimentales nos dejan entrever su clara intención de normalizar y estandarizar la construcción e intentar dar los primeros pasos hacia una industrialización que llega con retraso a nuestro país.



Un punto clave diferenciador en la experiencia de los poblados, es que la protección no sólo abarca a las viviendas, sino que también se protegen los edificios complementarios y la urbanización de los terrenos, entendiendo el poblado como un todo, convirtiéndolo así en una unidad vecinal autosuficiente (no conseguida en todos los casos), donde se aprovechan de las conexiones e infraestructuras básicas existentes.

El papel fundamental que juega el grupo gestor en la construcción de los poblados nos hace darnos cuenta de la importancia de la supervisión constante de la obra y el acercamiento a los propios beneficiarios autoconstructores, representados por el arquitecto jefe. Es importante también destacar que el grupo gestor de la Organización de cada uno de los poblados agilizaba los trámites con respecto a la Administración, puesto que aparte del Arquitecto jefe, eran miembros de dicho grupo un representante del INV y otro del COUM (Comisión de Ordenación Urbana de Madrid); de esta manera el grupo gestor administraba los beneficios otorgados por el INV a los propietarios.

OBJETIVOS

Existen numerosas publicaciones sobre los poblados dirigidos, pero la mayoría de ellas son estudios urbanísticos y morfológicos de los poblados, estudios de conjunto de cada uno de los poblados por separado, o publicaciones aisladas de determinadas actuaciones. Pero encontramos una carencia de publicaciones sobre la relación entre las viviendas de todos los poblados, en el análisis tipológico y constructivo de los distintos tipos basados en fuentes originales. Por este motivo la razón de la investigación es aportar un estudio pormenorizado de cada uno de los tipos de viviendas de los poblados dirigidos de renta limitada (fase 1), empleando como herramienta fundamental el dibujo de las mismas, comparándolas entre sí y obteniendo conclusiones de su análisis tipológico y constructivo en el campo del programa, la privacidad, flexibilidad, variabilidad, economía de espacio, economía de medios, adecuación de la tipología a la autoconstrucción y mano de obra no especializada...

El objetivo de esta investigación es a su vez buscar y describir una nueva metodología de análisis por medio del dibujo, que estudie las viviendas como un todo dentro de un contexto para poder definir las y compararlas con el resto de tipologías de los poblados dirigidos de renta limitada. Esta metodología basada en las distintas escalas de aproximación a la vivienda, fija unos parámetros que permiten hacer una comparativa más fiable y razonada entre las distintas muestras.

CONTENIDO

La fuente principal de la investigación son los planos originales de los distintos proyectos de la primera fase de los poblados dirigidos firmados por algunos de los arquitectos más relevantes del siglo XX. Hemos tenido acceso a estos planos originales principalmente en el archivo de la Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo, Secretaría de Estado de Infraestructuras, Ministerio de Fomento. No obstante hemos encontrado carencias en este archivo, como por ejemplo el poblado de Manóteras, del que no hay ningún tipo de información, o la ausencia de documentación gráfica de algunos proyectos (Orcasitas) o falta de planos de las viviendas (Caño Roto, Canillas). Por este motivo hemos tenido que acceder a otros archivos como son: archivo Regional de la Comunidad de Madrid; archivo del Instituto de la Vivienda de Madrid —IVIMA—, Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transporte, Comunidad de Madrid y archivo histórico del Colegio Oficial de Arquitectos. En este último hemos podido consultar los planos originales del poblado de Canillas dentro del legado de Luis Cubillo de Arteaga en el COAM.

Lo que da un valor añadido es que la fuente es original, que se parte de los proyectos primitivos y no de publicaciones que en muchos casos conducen a error. Se dibujan las plantas, secciones, alzados etc y se contrastan con el resto de las fuentes analizadas: libros, revistas, películas... donde parte de las viviendas de alguno de los poblados se encuentran publicadas.

Tras haber realizado una laboriosa tarea de recopilación y vaciado de las fuentes, el trabajo ha consistido en reelaborar críticamente los dibujos partiendo de los planos originales, con la intención de unificar criterios, poniendo todos los dibujos a la misma escala e indicando su orientación para poder hacer un mejor análisis comparativo entre los distintos poblados. Cada arquitecto o grupo de arquitectos de los poblados tiene una manera diferente de dibujar. Son formas personales, particulares en cada caso y era necesario dibujar todas las viviendas bajo los mismos parámetros y criterios uniformes y desprender a los dibujos de cualquier connotación personal de sus arquitectos para poder estudiarlos y analizarlos como muestras objetivas de nuestra investigación.

Lo más importante a la hora de elaborar críticamente esta documentación es emplear el dibujo como instrumento de análisis, para poder explicar posteriormente las reflexiones a las que nos lleva el dibujo.

De esta manera, dibujando, nos hemos dado cuenta de que la vivienda aislada de su entorno no contaba toda la información necesaria para su estudio completo. La vivienda estudiada como un ente sin referencia a

un lugar, a un momento concreto de desarrollo de ciudad y a unas circunstancias particulares, no se ajusta a la realidad y es necesario estudiarla dentro de un contexto a distintas escalas. Hemos concluido, por tanto, que es imprescindible emplear una metodología diferente basada en las distintas escalas de aproximación a la vivienda. Es fundamental explicar la manera en que la vivienda se implanta en el terreno, y la relación que tiene con viviendas colindantes, la forma de agrupación de las distintas unidades dentro de un mismo edificio, la relación que tiene cada vivienda con su entorno, la orientación,...

Es importante también distinguir si la vivienda que estudiamos estaba pensada para ser vivienda unifamiliar; aislada, pareada o en línea, y en este último supuesto, cuál es número de viviendas por línea. En el caso de las viviendas en bloque ocurre lo mismo, es imprescindible valorar la manera de acceder a cada vivienda y no sólo su distribución interior. Hay que estudiar las zonas comunes de las viviendas en bloque, las viviendas colindantes y cómo se dispone en torno un núcleo de comunicación. En el caso de la torre, menos habitual en la primera fase de los poblados dirigidos, es necesario saber la relación que existe en las viviendas entre sí y con el núcleo de comunicación, estudiar las medianeras, la orientación,...

Por tanto, se estudia y dibuja en estos tres tipos de viviendas existentes en los poblados (unifamiliares, bloques y torres), su tipología, la distribución y circulación interior, las dimensiones, los huecos de fachada, las escaleras interiores, los espacios públicos y privados, la relación entre la superficie útil y la de circulación.

Aparte de las plantas de usos, superficies y cotas, se dibujan secciones y alzados para entender la vivienda y su relación con el resto de viviendas de la misma línea en caso de unifamiliares, del mismo bloque o de la misma torre.

La escala de aproximación a la vivienda en relación con sus viviendas colindantes nos lleva a pensar que necesitamos ciertas infraestructuras necesarias para poder habitar los nuevos poblados. Este aspecto implica que tenemos que analizar el poblado desde una escala urbana donde se aprecie la relación entre los distintos edificios y si tienen o carecen de infraestructuras necesarias para poder gestionarse como poblados autónomos. En este nivel de análisis urbano hemos identificado cada edificio tipo, pudiendo concretar el número de unidades del mismo edificio y el número de viviendas que alberga. También se estudia la diversidad de los usos dentro del poblado y en algunos casos, dentro del mismo edificio que no se destina exclusivamente a uso residencial.

Al analizar el entorno urbano hemos indagado también la situación actual de cada uno de los poblados estudiados: Almendrales, Canillas, Caño Roto, Entrevías, Fuencarral, Manoteras y Orcasitas. Con ayuda de la fotografía aérea actual y la información obtenida en el visualizador urbanístico del Ayuntamiento de Madrid hemos podido conseguir una imagen exacta de cada poblado en la actualidad y lo hemos comparado con lo dibujado en el proyecto original y en las fotografías aéreas tomadas en el momento de su construcción. De esta manera observamos los edificios que, aunque proyectados, no se llegaron a construir o aquellos que, por algún motivo bien documentado en esta tesis, han sido derribados.

Da mucho de sí este apartado porque dentro del análisis urbano actual de los poblados hemos investigado la situación urbanística de planeamiento de los mismos, su cartografía actual y su nivel de protección en el catálogo de edificios protegidos de la Comunidad de Madrid, quedándonos muy sorprendidos de que muy pocos edificios se encuentran protegidos o catalogados. El caso más significativo es el de Caño Roto que está catalogado como "conjunto homogéneo". Pero por ejemplo el poblado de Entrevías contiene algunos edificios considerados y estudiados como "el germen de la arquitectura moderna en nuestro país" que carecen de protección alguna.

El nivel urbano no es el único que complementa el análisis tipológico de la vivienda, también la aproximación a la escala del detalle constructivo nos ayuda a entender la vivienda y su concepción desde el origen del proyecto. Es en este punto donde confirmamos que los sistemas constructivos juegan un papel muy importante en los poblados dirigidos. Los arquitectos agudizaban su ingenio para abaratar costes y conseguir las mejores prestaciones y soluciones constructivas para las viviendas con los materiales y la mano de obra no cualificada que estaba en ese momento al alcance de su mano. Por eso nos detenemos también en estudiar los detalles constructivos que tenían que ser técnicamente sencillos para que la mano de obra, "los domingueros", que construían sus propias viviendas (prestación personal) y que no tenían ningún tipo de formación ni experiencia en la construcción, pudieran ejecutarlas. Estos dibujos de detalles constructivos debían ser especialmente claros y sencillos, enfocados para este tipo de trabajadores. No queremos perder de vista en ningún momento la importancia de la "autoconstrucción"; que es uno de los fenómenos más singulares de los poblados dirigidos de la primera fase.

1. Documentación gráfica

Pasamos a estudiar los diferentes parámetros bajo los que se han estudiado gráficamente las viviendas. Se describen las pautas o criterios para la elaboración de la documentación gráfica que se estructura de la



siguiente manera, teniendo en cuenta las diferentes escalas de aproximación a la vivienda como método fundamental:

1.1._Escala urbana

La nomenclatura empleada para esta clase de planos es la letra mayúscula del nombre del poblado seguida por el número 0.1,0.2, 0.3...

-Plano de situación estado actual:

Se localiza el poblado en un plano de Madrid de estado actual; se dibujarán a la misma escala todos los planos de situación de los diferentes poblados para poder así comparar sus dimensiones. En este plano podemos hacernos una idea de la situación del poblado dentro de la ciudad.

-Plano de Ordenación:

Se delimita la zona de actuación del poblado en el momento de su construcción, identificando los viales más importantes que aparezcan en el plano de situación del proyecto original. Se detallan en este plano: datos urbanísticos, usos del suelo en porcentajes y servicios comunitarios. Estos datos corresponden al libro "Barrios de promoción oficial" de Luis Moya González. En la parte escrita de la tesis se marcarán las diferencias de estos datos cotejados con otras fuentes de investigación. Este plano de organización siempre está orientado al norte y está dibujado a distinta escala según la extensión de cada poblado.

-Plano de Implantación:

El plano de implantación está orientado al norte y está a la misma escala que el de organización. En él se identifican con distintos colores (se emplean los mismos colores en todos los poblados) las tipologías de vivienda separadas en tres grandes grupos: viviendas unifamiliares, vivienda colectiva bloques y vivienda colectiva torre. En este plano también se identifican los edificios proyectados que no se han llegado a construir o los que se han sustituido por otras tipologías cuando se ejecutó el poblado. Se señalan los edificios que cuentan con local comercial en planta baja, ya sea integrado en la vivienda unifamiliar o en la planta baja de un bloque o torre. En algunos casos se diferencia la zona del poblado dirigido de la del poblado mínimo o de absorción con el mismo nombre, de la misma manera cuando es preciso se diferencian las distintas fases de construcción del poblado.

-Edificios complementarios:

Se señalan en este plano los edificios complementarios que aparecen en el proyecto original. Se encuentran numerosas diferencias entre las distintas fuentes pero en este trabajo prima siempre la información obtenida en el proyecto original que consideramos la más fidedigna. No obstante, hay edificios complementarios del proyecto original que no se llegaron a construir o que en la actualidad ya han sido demolidos o han cambiado de uso.

-Fotografías aéreas:

Contamos con dos fotografías aéreas de cada poblado en distintos momentos de la historia. Una fotografía aérea del poblado recién construido y otra del estado actual del mismo pasados más de 50 años desde su construcción.

1.2._Tipología de vivienda

Habrán tantos grupos de planos como tipologías de vivienda haya, para diferenciar cada grupo se introducirá un plano de implantación a modo de separador donde se identificarán los edificios correspondientes a esa tipología y se especificará si tienen o no locales comerciales en planta baja. Todos los planos tienen indicada la escala y, aparte, escala gráfica en la parte inferior. En el lateral del plano, a modo de título, aparece la tipología que se está describiendo en el mismo.

Dentro de cada grupo se representan en primer lugar las plantas (baja, tipo..., cubiertas), no se representa la vivienda aislada, sino la vivienda junto a su o sus colindantes para estudiar la relación que tienen entre sí y la manera de agruparse. Dentro de la planta, sí se representan dos viviendas, en una aparecerán los usos y superficies, y en otra las cotas interiores y exteriores. En el caso de viviendas colectivas donde todas las tipologías de vivienda sean diferentes se duplicará el plano para poder poner las cotas en un plano y los usos y superficies en otro. Se tomará como criterio dibujar todas las tipologías del mismo bloque juntas dentro de un mismo plano para estudiar la relación entre ellas.

Debajo de las plantas siempre aparecerá un esquema de conjunto donde se sombrearán las viviendas que están representadas en el plano. En todos los planos aparecerá el norte. En el caso de que la tipología estuviera orientada de diferentes formas dentro del poblado, aparecerán distintos nortes. Siguiendo este criterio podemos estudiar el asoleamiento y la orientación de cada tipología.

En segundo lugar se representan las secciones y después los alzados siempre a la misma escala. Cuando las viviendas están agrupadas en hilera o en bloque se aportarán también secciones y alzados de conjunto a una

escala mayor, entendiendo la vivienda siempre en su contexto y no como un ente aislado para así poder estudiarla lo más rigurosamente posible. Debajo de las secciones y alzados aparecerá un esquema de conjunto y un pequeño plano guía a escala 1/400 con la distribución de las diferentes plantas y con indicación de por dónde se está dando la sección o qué alzado es el que se está representando. Estas plantas guía son muy clarividentes sobre todo en el caso de viviendas colectivas en bloque tipo dúplex que no coinciden en vertical, siendo necesarios estos esquemas para explicar su conexión en vertical y el acceso a cada vivienda.

-Viviendas unifamiliares :

La nomenclatura de estos planos es VU (vivienda unifamiliar) seguida del tipo de vivienda (tipo A1) debajo aparece en mayúsculas la letra inicial del poblado con números consecutivos que marcan las diferentes páginas de cada grupo de planos de esa tipología. Ej: para el tipo 3C de viviendas unifamiliares de Almendrales: VU-3C y debajo A1, A2, A3... Para el tipo 2A de viviendas unifamiliares de Canillas: VU-2A y debajo C1, C2, C3....

-Vivienda colectiva bloque:

A las tipologías de vivienda colectiva tipo bloque se les asignarán las letras VCB (vivienda colectiva bloque) seguidas del tipo de vivienda (tipo C); debajo aparece en mayúsculas la letra inicial del poblado con números consecutivos que marcan las diferentes páginas de cada grupo de planos de esta tipología. Ej: para el tipo 1A de viviendas colectivas en bloque de Caño Roto: VCB-1A y debajo CR1, CR2, CR3.... Para el tipo B1 de viviendas colectivas en bloque de Fuencarral: VCB-B1 y debajo F1, F2, F3....

-Vivienda colectiva torre:

Las torres de viviendas son las menos abundantes en los poblados dirigidos. La nomenclatura empleada para esta tipología es VCT (vivienda colectiva torre) seguida del tipo (tipo 3A) apareciendo debajo la letra de la inicial del poblado con números consecutivos de página. Ej: para el tipo de torre 3A de Canillas: VCT-3A y debajo C1, C2, C3....

2. Análisis gráfico comparativo de las viviendas

Para analizar tipológicamente las viviendas de los poblados dirigidos de renta limitada, hemos dibujado tablas comparativas en donde se incluyen todas y cada una de las tipologías de vivienda de los poblados. Se establecen distintos parámetros para su análisis y dentro de cada apartado se dividen en tres grandes grupos: viviendas unifamiliares, vivienda colectiva-bloque y vivienda colectiva-torre. Adoptando este criterio podemos tener una visión global de todos los poblados de las viviendas unifamiliares, bloques o torres y así poder compararlas con mayor facilidad. Se definen a continuación los parámetros empleados para su análisis:

-Agrupación:

Están dibujadas las agrupaciones de vivienda a escala 1/1000 sombreando, en dibujos independientes, cada vivienda que sea diferente a las demás, es decir que se dibuja un esquema de agrupación para cada tipología edificatoria.

Con respecto a las viviendas unifamiliares se distinguen las viviendas pareadas, adosadas en hilera. Quedan sombreados con distintas escalas de grises; la parte construida y la correspondiente al patio/jardín.

Se define en el caso de viviendas colectivas cómo se distribuyen dentro del bloque, quedando representada la zona común que da acceso a cada vivienda. Este núcleo de comunicación puede ser vertical, distribuyéndose las viviendas de alrededor de él (dos o cuatro viviendas por planta) o puede haber un único núcleo de escaleras que desemboca en distribuidores alargados que dan acceso a cada vivienda, de esta manera se abastece con el único núcleo a un mayor número de viviendas.

En algunos casos se representa a mayor escala la unión entre los diferentes bloques, justificándose así una zona ciega en la fachada para poder adosarse a otro bloque.

-Orientación:

En estos cuadros se dibujan las plantas de las viviendas con indicación de las diferentes estancias. De esta forma, se analiza el soleamiento de las diferentes fachadas. En los cuadros de orientación aparecen representados el norte y el ángulo de captación solar en planta para poder saber qué estancias están orientadas al mediodía y qué arquitectos han tenido como prioridad una buena orientación a la hora de proyectar. Cabe destacar que la misma tipología de vivienda se repite en muchas ocasiones con dos o incluso tres orientaciones diferentes. En estos cuadros comparativos se recogen todas las orientaciones (representaciones del norte) de una misma tipología.

-Circulaciones:

En estos cuadros, al igual que en los de orientación, se representan las viviendas a escala 1/400 y se identifican las diferentes estancias dentro de cada una. Se dibujan las viviendas con sus colindantes, no se separan por tipologías sino por edificios completos. En este caso es importante representar las viviendas juntas para poder marcar el acceso a cada vivienda y así analizar la circulación desde el portal a la puerta de la vivienda, pasando por las zonas comunes en el caso de las viviendas colectivas.



Se representa en estos cuadros la circulación en el interior de las viviendas. Se analiza si tienen o no un espacio de transición desde la calle o zona común al interior de la vivienda (porche, vestíbulo), se analiza también si es necesario atravesar el salón-comedor para acceder a la zona de dormitorios o si existe doble circulación desde la entrada para acceder a la zona de dormitorios indistintamente por la cocina o por el salón-comedor.

-Pacios:

Se dibujan los edificios completos a la misma escala que los anteriormente descritos: 1/400. En algunas viviendas unifamiliares de los poblados dirigidos, los arquitectos proyectan patios interiores (en alguna ocasión solo para ventilación e iluminación), delanteros (espacio privado de transición entre la calle y la vivienda) o traseros. Lo hacen en la mayoría de los casos para humanizar la arquitectura y hacer más cercana estas tipologías a las viviendas rurales de las que provenían los propietarios. Se analizan en estos cuadros los distintos tipos de patios, diferenciando también las partes que están cubiertas a modo de porche y descubiertas.

En las viviendas colectivas en bloque sólo aparece patio en dos tipologías de Caño Roto y corresponde a un patio de luces para dotar de ventilación e iluminación baños y cocinas y en algunos casos para tender la ropa. En los cuadros de las viviendas donde se representan las torres, los patios en su mayoría tienen la misma función descrita para los bloques, y en algunos casos aparecen jardines en planta baja para dar privacidad a las viviendas de esta planta e independizarlas de la calle.

-Locales comerciales:

Los edificios en estos cuadros también están representados a escala 1/400. Se sombrea los locales comerciales distinguiendo los que están integrados dentro de una vivienda unifamiliar y los que son locales comerciales independientes situados en la planta baja de algún bloque o torre. En algún caso existen locales comerciales en plantas intermedias de algún bloque o torre.

En el caso de locales unifamiliares integrados en una vivienda unifamiliar (poblado de Almendrales) son locales que dan la oportunidad al propietario de instalar su propio negocio; en algún caso tienen el baño y el almacén integrados, pero en los dos casos que existen, el local queda independizado de la vivienda a distinta cota y conectado a ella únicamente por una escalera.

Sabemos, por la documentación escrita encontrada en los archivos consultados, que los locales comerciales en planta baja de bloques o torres quedaban en algunas ocasiones al servicio de la comunidad de propietarios para poder alquilarlos o subastarlos y aminorar así los costes de las viviendas.

-Usos:

A diferencia del resto de parámetros descritos anteriormente, en este cuadro se representan todas y cada una de las viviendas independientemente, separándolas de sus colindantes para poder estudiar el funcionamiento interior y programa de las mismas. Se estudia en estos cuadros la privacidad de las viviendas. Se distinguen con dos colores de sombreado el uso privado de dormitorios y baños y el uso público de estar, comedor, cocinas y aseos. Se ve claramente la diferenciación espacial entre las zonas de día o de noche. Se puede apreciar también si solamente existe un baño y lo ponen en la zona más pública y hay que atravesar algunas estancias o bajar escaleras para poder acceder a él.

-Ocupación:

En estos cuadros, al igual que en los que se definen los usos, se representan las viviendas independientes a escala 1/400. Se entra a analizar el número de ocupantes de la vivienda teniendo en cuenta el número de camas individuales y de matrimonio. Se distinguen dos colores de sombreado, uno si las camas provienen del proyecto original y el otro si las camas se han puesto según nuestro criterio porque el arquitecto autor del proyecto no las había representado. Es importante analizar estos cuadros con la información de las tablas de superficies de los dormitorios porque nos damos cuenta que en la mayoría de los casos hay más camas de las que corresponderían por superficie incumpliendo las Normas relativas a la habitabilidad de las viviendas en la Orden de 29 de febrero de 1944, por la que se establecen las condiciones higiénicas mínimas de las viviendas vigentes hasta el día de hoy.

Se detallan en este cuadro a parte de los ocupantes, el número de dormitorios y el número de baños, incluidos aseos.

3. Análisis escrito de cada poblado

Se describen y analizan por escrito los dibujos de cada poblado estudiando los siguientes parámetros: datos urbanísticos, situación, condicionantes de partida, autor y fecha del encargo, arquitectos, estructura urbana, usos del suelo, tipología edificatoria, construcción, estado actual:

CONCLUSIONES

Los poblados dirigidos son una lección del buen hacer de sus arquitectos, pendientes siempre de la viabilidad económica y funcional de las propuestas y de la autoconstrucción, que condiciona el diseño de la arquitectura y el empleo de los sistemas constructivos. La autoconstrucción condiciona fundamentalmente la tipología edificatoria de los poblados de primera fase: se trata de viviendas unifamiliares adosadas y bloques de un máximo de 4, 5 ó 6 alturas; excepto Canillas, donde se hacen torres.

Del estudio de la documentación de los expedientes de proyectos de arquitectura de los poblados en los diferentes archivos, se desprenden los métodos constructivos, con los que podemos constatar que los arquitectos agudizaban el ingenio para emplear los escasos materiales que había a su alcance y, así, abaratar la construcción sin perder calidad, como por ejemplo el movimiento en planta de las viviendas de Almendrales para obtener la mejor orientación y sus muros capuchinos, o el sistema estructural utilizado en Entrevías, que aligera la segunda planta haciendo muros de carga de $\frac{1}{2}$ pie, arriostando transversalmente, o las viviendas unifamiliares de Canillas. Se tenían que emplear sistemas constructivos técnicamente sencillos y asequibles a la mano de obra no cualificada, sin olvidar que los materiales debían estar a su alcance; como el ladrillo o el bloque de hormigón. La otra cara de la moneda la tenemos en los propios obreros, que son a la vez constructores y propietarios de las viviendas, y que tenían tendencia a sobredimensionar el material. Los arquitectos y directores de obra debían estar muy atentos a este tipo de acontecimientos, supervisando constantemente e inventando a pie de obra los detalles constructivos necesarios en cada momento. No se podían permitir excederse del presupuesto, porque sería gravoso para los beneficiarios.

No todo son aciertos en los poblados, uno de los problemas viene producido por la rapidez con que se comienzan las obras, que no da la posibilidad a los redactores de los proyectos de testar los terrenos donde se va a realizar la actuación, obligación impuesta por ley, como por ejemplo el terreno irregular de Almendrales, los ríos subterráneos de Canillas o las arcillas expansivas del desaparecido Orcasitas. Aunque la tipología no era de viviendas en altura, los problemas del terreno acarrearán consecuencias graves en las edificaciones o su derribo total, como ocurrió en Orcasitas, debido quizá a una imprudente manipulación del nivel freático. De haberse sabido antes, se hubiera utilizado otro tipo de cimentación o edificación, o directamente no se hubiera construido en dichos terrenos.

La calidad constructiva de los poblados era notable, teniendo en cuenta la escasez de medios económicos y materiales con los que se contaba para su construcción. Pero en los archivos consultados también hemos encontrado informes y peritaciones de algunos poblados como Canillas, que sufría numerosos desperfectos como humedades o filtraciones que provocaban un estado decadente y lamentable, aparte de una falta de seguridad y salubridad en las edificaciones que solicitaban ser reparadas.

La investigación sobre los poblados dirigidos nos da una oportunidad para abrir el debate sobre vivienda social, como ocurrió en su momento, en el que jóvenes arquitectos estaban influenciados por los viajes y revistas que les confieren una apertura a la modernidad. Sierra, Cubillo, Iñiguez, Vázquez de Castro o Leoz, se unen a otros más experimentados como Oiza, Romany o Corrales, algunos de los cuales habían participado en el Concurso experimental de la vivienda: "...aqueel formidable grupo de profesionales va a invertir en la aventura de los poblados como algo más que arquitectos: serán gerentes y constructores, representantes de los usuarios y asistentes sociales" (Fernández Galiano, 1989, p.37).

Los dibujos han sido la columna vertebral de este trabajo y ha sido fundamental la rigurosa metodología empleada para analizarlos, basada en las diferentes escalas de aproximación. Se considera toda la documentación gráfica elaborada una conclusión imprescindible de esta investigación. En todos los casos la preocupación por el hombre que habitará los poblados está presente en las propuestas arquitectónicas; los autores del proyecto humanizan la arquitectura, ayudando a la adaptación del habitante del campo a la ciudad, como por ejemplo añadiendo a las viviendas un patio de origen rural (Poblado de Entrevías).

Al fin y al cabo todo es nuevo: las nuevas formas de pensar la arquitectura moderna, los nuevos sistemas de industrialización, el reparto de los beneficios concedidos por el INV y el nuevo factor de prestación personal. Todo ello hace que los poblados se conviertan en un campo de experimentación formal y compositivo. Se trata de una "...posición de ruptura con un presente anacrónico que debe desaparecer para dar paso a una nueva forma de habitar". Lleó (Sambrićo, 2003, p.15)

Referencias bibliográficas

Esteban Moluenda, Ana María, 1999, "La Vivienda social española en la década de los 50: un paseo por los poblados dirigidos de Madrid", *Cuadernos de Notas*, Madrid. EISAM, Departamento de Composición Arquitectónica, nº 7; pp. 55-62.

Fernández Galiano, Luis; Isasi, Justo I.; Lopera, Antonio, 1989, *La quimera moderna: Los Poblados Dirigidos en Madrid en la arquitectura de los 50*, Ed. Hermann Blume Central de Distribuciones, Madrid.

Moya González, Luis, 1976, *Los barrios de promoción oficial en Madrid*, Servicio de publicaciones del COAM, Madrid.

Sambrićo, Carlos, 2003, *Un siglo de vivienda social 1903-2003*, Ed. Nerea, Madrid.



SECCIONES PLANAS DE SUPERFICIES RADIADAS: MÉTODO DE PLANO POR EL VÉRTICE

Daniel HERNÁNDEZ MACÍAS
Francisco Ramón LOZANO MARTÍNEZ
José Santiago LORENZO MARTÍN

Universidad de Sevilla
Departamento de Ingeniería Gráfica

ÍNDICE

- 1.- INTRODUCCIÓN.
- 2.- ÁMBITO DE APLICACIÓN.
- 3.- FUNDAMENTO DEL MÉTODO.
- 4.- MÉTODO OPERATIVO.
 - 4.1.- OBTENCIÓN DE PUNTOS DE LA SECCIÓN.
 - 4.2.- OBTENCIÓN DE LA SECCIÓN.
 - 4.3.- CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DEL EJE DEL HAZ DE PLANOS.
 - 4.4.- CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DE LOS PLANOS SECANTES.
- 5.- CASOS.
 - 5.1.- SUPERFICIES DE VÉRTICE PROPIO.
 - 5.1.1.- DIRECTRIZ POLIGONAL.
 - 5.1.2.- DIRECTRIZ CURVA.
 - 5.2.- SUPERFICIES DE VÉRTICE IMPROPIO.
 - 5.2.1.- DIRECTRIZ POLIGONAL.
 - 5.2.2.- DIRECTRIZ CURVA.
- 6.- CONCLUSIONES.

1.- INTRODUCCIÓN.

En la docencia de cualquier disciplina en general y en la de Geometría Descriptiva en particular, aparecen diversos elementos que presentan cierta dificultad a la hora de transmitirlos a los estudiantes y ocurre que, mostrando ciertas alternativas al tema explicado, aclara enormemente el asunto y permite que "se haga la luz."

Esto mismo ocurre cuando se trata el tema de las intersecciones de superficies y en concreto el caso de las intersecciones por el método de planos por los vértices.

Con frecuencia, existe cierta dificultad al transmitir este método a los estudiantes y se propone un método aplicable en el caso de secciones planas a superficies radiadas que la experiencia indica que facilita mucho el camino, de aquí el interés por compartirlo con el resto de docentes.

Para la realización de secciones planas a superficies radiadas existen, entre otros, distintos métodos tradicionales que enumeramos a continuación.

- Determinación por puntos (bien por generatrices o secciones circulares)
- Resolución por homografía.
- Aplicación del Teorema de Dandelin (solo en el caso de revolución)

Se propone un nuevo método que denominamos "Planos por el vértice".

El mismo es un desarrollo inédito del Método de Planos por los Vértices que permite la obtención de secciones planas de superficies radiadas (conos, cilindros, prismas o pirámides). Consiste en trazar uno de los haces de planos que pasen por el vértice de la superficie y produzcan secciones paralelas en el plano secante.

Este método además tiene la ventaja de inducir al estudiante la comprensión del método de planos por los vértices para la resolución de intersecciones entre superficies.

2.- ÁMBITO DE APLICACIÓN.

El presente método se puede aplicar para la obtención de secciones planas de superficies radiadas (piramidales, cónicas, prismáticas o cilíndricas).

3.- FUNDAMENTO DEL MÉTODO

El método consiste en una adaptación del método de planos por los vértices empleado para obtener la línea intersección entre dos superficies radiadas. El mismo permite la obtención de secciones planas en este tipo de superficies.

Está basado en los siguientes principios geométricos:

1.- Cualquier plano que pase por el vértice V de una superficie radiada la secciona según dos generatrices. Dichas generatrices pasan por los puntos comunes de las trazas, con un plano π , del plano secante P y de la superficie radiada en cuestión. (Fig.1).

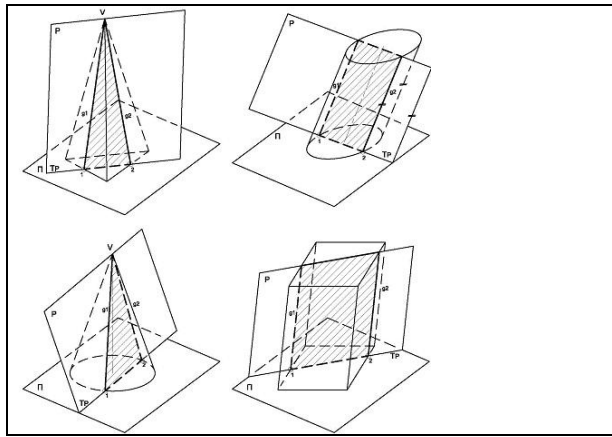


Fig. nº 1: Secciones producidas por planos que pasan por el vértice de una superficie radiada.
Fuente: elaboración propia.

2.- Si un haz de planos tiene su eje E paralelo a un plano P , las intersecciones de los planos del haz con el plano P son paralelas a la recta E (eje del haz de planos). Estas intersecciones pasan por los puntos comunes de las trazas, con un tercer plano π , del plano secante P y del plano Q_n perteneciente al haz de planos. (Fig. 2).



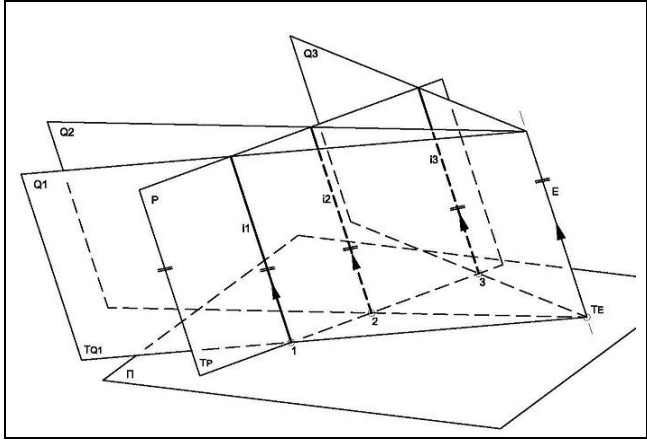


Fig. nº 2: Intersección de planos Q_n pertenecientes a un haz de eje E con un plano P paralelo al eje E . Fuente: elaboración propia.

4.- MÉTODO OPERATIVO.

Consiste el método en seccionar la superficie radiada y el plano secante P por un haz de planos cuyo eje E sea paralelo al plano P . Para ello, trazaremos una línea recta cualquiera E que contenga al vértice de la superficie y sea paralela al plano P . Esta línea será el eje E del haz de planos que nos proporcionará la sección, por tanto las trazas de los planos auxiliares Q_n pasarán por la traza T_E del eje del haz. (Fig. 3).

4.1.- OBTENCIÓN DE PUNTOS DE LA SECCIÓN.

Según el fundamento descrito la traza Q_1 del plano auxiliar cortará a la traza del plano P en el punto 1 y a la traza de la superficie en los puntos b y e . Por tanto los puntos de la sección producidos por el plano Q_1 se encuentran en la intersección de las generatrices Vb y Ve con la recta E_1 (paralela al eje E por el punto 1). (Fig. 3).

196

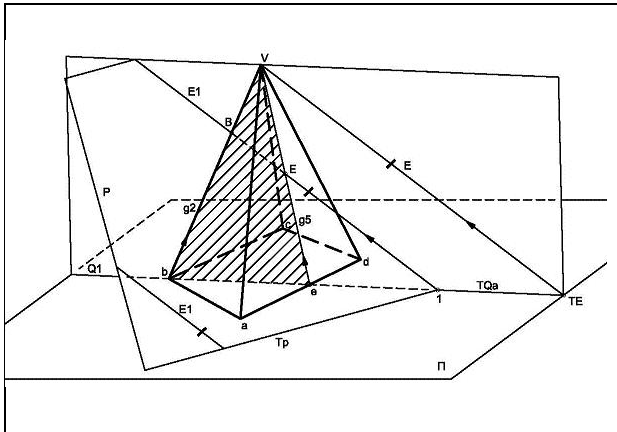


Fig. nº 3: Obtención de puntos de la sección. Fuente: elaboración propia.

4.2.- OBTENCIÓN DE LA SECCIÓN.

Los planos válidos para obtener puntos de la sección son aquellos, del haz de planos de eje E , cuyas trazas corten a la traza de la superficie. Los planos límite serán los dos planos del haz que, pasando por T_E , tengan sus trazas tangentes a la traza de la superficie. (Fig 4).

Trazando, por tanto, los planos Q_1, Q_2, Q_3 y Q_4 que contienen los vértices de la traza de la superficie y contienen al eje E obtendremos los vértices de la sección. Obsérvese que los planos límite Q_1 y Q_4 sólo producen, cada uno de ellos, un punto de la sección y el resto de planos intermedios Q_2 y Q_3 en este caso, un par de puntos cada uno. El orden para la unión de puntos es el mismo que tengan las generatrices donde se encuentren los mismos, esto es, el mismo orden en que arranquen sus generatrices en la traza de la superficie. (Fig. 4).

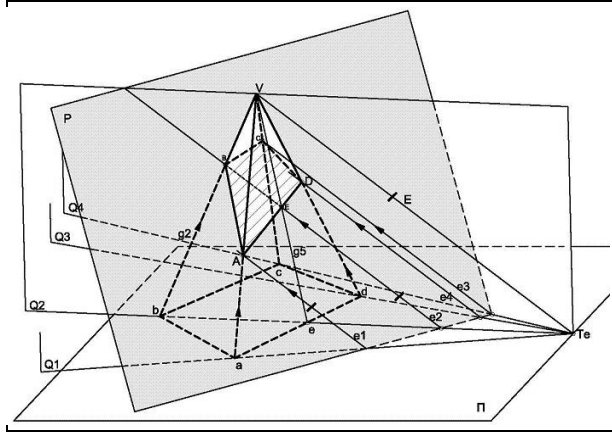


Fig. nº 4: Obtención de la sección. Fuente: elaboración propia.

4.3.- CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DEL EJE DEL HAZ DE PLANOS.

La puesta en marcha de este método se realiza con el trazado de la recta E (eje del haz de planos secantes). Si bien esta recta E puede ser cualquiera que sea paralela al plano y pase por el vértice, es conveniente que la dirección elegida para esta recta sea lo más ortogonal posible a las generatrices de la superficie radiada con objeto de obtener mayor precisión en los puntos de la sección. En la figura nº 5 puede observarse cómo una vez elegida la dirección de la proyección horizontal del eje E se procede para obtener la sección. Obsérvese que, por ser la superficie de directriz poligonal, es suficiente obtener los puntos situados en las aristas de la superficie, pudiendo desecharse aquellos puntos que pertenezcan a generatrices que no sean aristas.

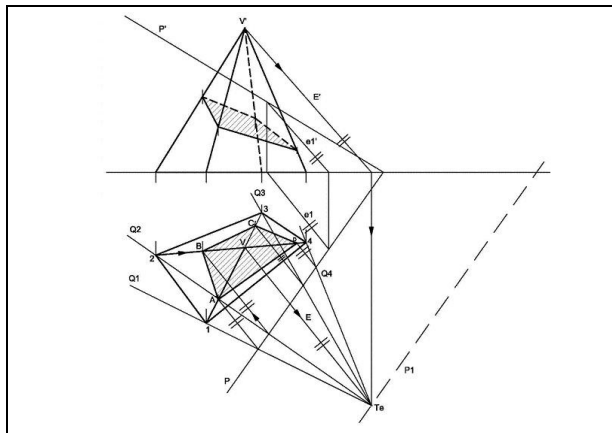


Fig. nº 5: Elección del eje y obtención de la sección. Fuente: elaboración propia.

4.4.- CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DE LOS PLANOS SECANTES.

Una vez elegido el eje E del haz de planos debemos trazar los planos. Primero trazaremos los planos límite que nos delimitarán la región del haz de planos donde se producen puntos de la sección. Posteriormente hay que trazar una serie de planos intermedios con los siguientes criterios:



1.- En las superficies de directriz poligonal sólo es necesario trazar aquellos planos que pasen por cada vértice de la traza de la superficie. (Fig 5).

2.- En el caso de las superficies de directriz curva debemos trazar obligatoriamente los planos que produzcan puntos característicos de la sección como son los puntos de la sección situados en los contornos aparentes de la superficie, puntos más alto y más bajo de la sección, etc. Además de estos planos obligados pueden trazarse, si fuere necesario, más planos intermedios. En la figura 6 y siguientes se indican los planos obligados trazados y su justificación.

5.- CASOS.

5.1.- SUPERFICIES DE VÉRTICE PROPIO.

5.1.1.- DIRECTRIZ POLIGONAL.

Este caso está resuelto en la figura nº 5.

5.1.2.- DIRECTRIZ CURVA.

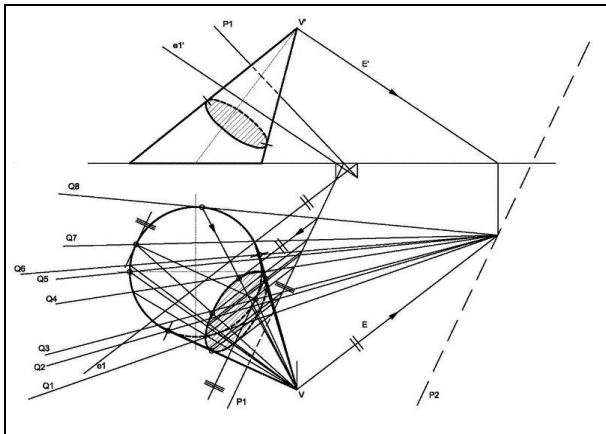


Fig. nº 6: Sección plana en superficie radiada de directriz curva y vértice propio.
Fuente: elaboración propia.

Planos trazados

- Q₁ – Plano límite.
- Q₂– Contorno aparente horizontal (cambio de visibilidad de la sección en proyección horizontal).
- Q₃– Punto más bajo de la sección.
- Q₄– Contorno aparente vertical (cambio de visibilidad de la sección en proyección vertical).
- Q₅– Contorno aparente vertical (cambio de visibilidad de la sección en proyección vertical).
- Q₆– Contorno aparente horizontal (cambio de visibilidad de la sección en proyección horizontal).
- Q₇– Punto más alto de la sección.
- Q₈– Plano límite.

5.2.- SUPERFICIES DE VÉRTICE IMPROPIO.

En estos casos, dado que el vértice de la superficie está situado en el infinito, el eje E del haz de planos está en el infinito y por tanto los planos secantes son paralelos y sus trazas, por tanto, también. Para obtener la dirección de estas, debemos tomar un punto cualquiera del espacio y trazar por él dos direcciones, la de las generatrices de la superficie y la de una recta paralela al plano secante P (para ello debe tenerse en cuenta lo descrito en el apartado 4.3). Las trazas de los planos secantes deben ser paralelas a la traza del plano así definido.

5.2.1.- DIRECTRIZ POLIGONAL.

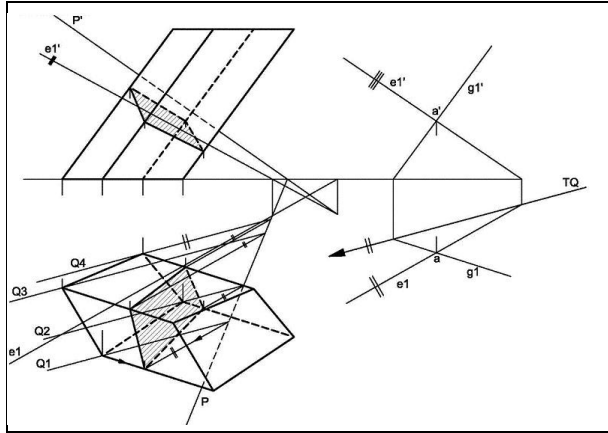


Fig. nº 7: Sección plana en superficie radiada de directriz poligonal y vértice impropio.
Fuente: elaboración propia.

5.2.2.- DIRECTRIZ CURVA.

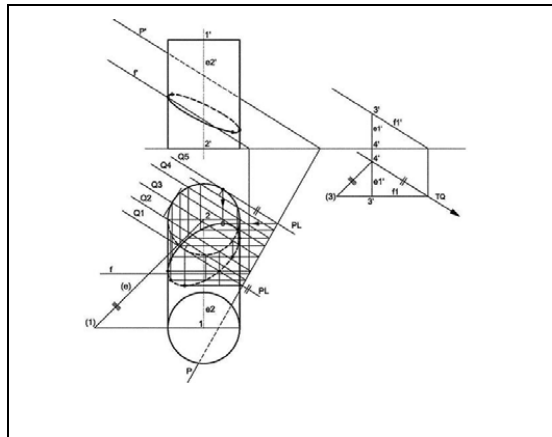


Fig. nº 8: Sección plana en superficie radiada de directriz curva y vértice impropio.
Fuente: elaboración propia.

Planos trazados

Q₁– Plano límite (punto más alejado).

Q₂-Q₄– Contornos aparentes.

Q₃– Punto más alto y más bajo.

Q₅– Plano límite (punto menos alejado).

6.- CONCLUSIONES.

Se ha mostrado en esta ponencia un método para obtener secciones planas de superficies radiadas, derivado del método de planos por los vértice empleado para resolver las intersecciones entre este tipo de superficies.

Aparte del interés intrínseco del método para la obtención de estas secciones, quizás sea más interesante de cara a la docencia de la Geometría Descriptiva porque prepara e induce al discente una mejor comprensión del método de planos por los vértices.



Referencias bibliográficas

- González Monsalve, M. Palencia Cortés, J.: *Dibujo Técnico II. Geometría Descriptiva*. Los autores, Sevilla 1991.
- Gordon, V.O. Sementsov, M.A. *Curso de Geometría Descriptiva*. Ed. Mir. Moscú 1973.
- Izquierdo Asensi, F. *Geometría Descriptiva*. Ed. Paraninfo. Madrid 1997.
- Paré, E.G. et al. *Geometría Descriptiva*. Ed. Interamericana. México 1977.
- Rodríguez de Abajo, F. Javier et al. *Geometría Descriptiva*. Ed. Donostiarra, San Sebastián y Ed. Farvil, Alcoy. Varias ediciones.
- Sánchez Gallego, J.A. *Geometría Descriptiva. Sistemas de proyección cilíndrica*. Ed. UPC. Barcelona 1997.
- Taibo Fernández, A. *Geometría Descriptiva y sus Aplicaciones*. Ed. Tébar Flores. Madrid 1983.
- Torre Carbó, M. de la. *Geometría Descriptiva*. Universidad Nacional Autónoma de México. México 1983.

REPRESENTACIONES GRAFICAS ARQUITECTONICAS EN LOS MANUSCRITOS DE LEONARDO DA VINCI. DUOMO DE MILAN.

David HIDALGO GARCIA (1)
Juan Manuel SANTIAGO ZARAGOZA (2)
Sergio GARCIA DOMENECH (3)
Julián ARCO DIAZ (4)
Raúl SAUCEDO VARGAS (5).

(1) Profesor del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación. Universidad de Granada.
(2) Profesor del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación. Universidad de Granada.
(3) Profesor del Área de Urbanística y Ordenación del Territorio. Departamento de Edificación y Urbanismo. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Alicante.
(4) Profesor del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación. Universidad de Granada.
(5) Investigador del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación. Universidad de Granada.

Resumen

En los Manuscritos de Leonardo da Vinci aparecen representaciones graficas de elementos arquitectónicos y urbanísticos, que se corresponden con estudios, anotaciones e incluso encargos, que le realizan a lo largo de su vida. Desde simples representaciones de viviendas e iglesias, hasta lo que se podrían considerar como sus obras maestras dentro del ámbito de la arquitectura y la planificación urbanística: "*La città idéale*" y "*El Cimborrio Duomo de Milán*". Leonardo utiliza para sus estudios, sistemas de representación que hasta esa época no habían sido inventados, aunque ya iban iniciando su proceso de creación. Pero además, desarrolló un sistema de representación propio, conocido como "*Perspectiva a vista de pájaro*". Indicado todo esto es necesario preguntarse: ¿Cuál podría ser el motivo por el que Leonardo utiliza para uno de los mayores proyectos de todo el Renacimiento, (Cimborrio Duomo de Milán), un sistema de representación más simple?. Es aquí donde intervendría la teoría de los arquitectos renacentistas Filippo Brunelleschi, Filarete y León Battista Alberti, en relación a la construcción de maquetas como parte del desarrollo de un proyecto arquitectónico.

Abstract

In the Manuscripts of Leonardo da Vinci are graphical representations of architectural and urban elements, which correspond to studies, annotations and even orders, which he held throughout his life. From simple representations of houses and churches, to what could be considered his masterpieces in the field of architecture and urban planning: "*The città idéale*" and "*The Duomo dome.*" Leonardo used for his studies, systems of representation that until then had not been invented, but were already beginning the process of creation. In addition, developed a system of representation itself, known as "*bird's eye view perspective.*" Indicated this is necessary to ask: What could be the reason Leonardo used for one of the biggest projects around the Renaissance (Duomo dome), a simpler representation system?. Intervene is where the theory of Renaissance architect Filippo Brunelleschi, Leon Battista Alberti and Filarete, in relation to the construction of models as part of the development of an architectural project.

Texto comunicación

INTRODUCCIÓN

Desde sus orígenes, las personas han intentado comunicarse mediante una serie de símbolos y de grafismos. Las pinturas rupestres, son consideradas como las primeras manifestaciones artísticas y de comunicación, en las cuales, se piensa que quien las realizaba pretendía describir hechos o situaciones de la vida diaria.²⁸ A lo largo de la historia y sin perder de vista la comunicación de las personas, se han estudiado e ideado otros sistemas de representación. Una definición amplia de este concepto, sería un conjunto de reglas y/ o métodos que se van a seguir para representar objetos tridimensionales en un elemento bidimensional, mediante el empleo de la Geometría plana. De esta manera se puede plasmar cualquier objeto, por complicado que sea, en un elemento bidimensional, es decir, el papel. Para que un sistema de representación sea considerado útil,

²⁸ González Monsalve, Mario y Palencia Corte, Julián. *Geometría Descriptiva*. Editor Ana Palencia Pérez, Sevilla, 2008.



debe de cumplir la propiedad fundamental de la reversibilidad, es decir, que permita pasar del espacio al papel y a la inversa, del papel a la realidad.

Son muchos los personajes históricos que han realizado estudios en relación a los sistemas de representación. Exceptuando las pinturas rupestres, la primera manifestación grafica data del año 2120 a.c. y se encuentra en la estatua de Gudea sedente, conocida como "el arquitecto" y en ella se puede apreciar el plano de un templo que Gudea construyo para Niginur.



Fig. 1: Estatua Sedente Príncipe Gudea "El Arquitecto". Fuente: Museo del Louvre.

También es necesario destacar la labor de otros personajes históricos durante el periodo de la Grecia Clásica. Por ejemplo: Tales, Pitágoras y Apolonio de Perga, los cuales realizaron grandes aportaciones y descubrimientos en el estudio de la Geometría y su representación.

En el Renacimiento destacan Luca Pacioli, Leonardo da Vinci, Alberto Durero, Leone Battista Alberti y muchos más, los cuales estudiaron propiedades geométricas que les permitieran obtener nuevos sistemas de representación. Tal y como explica Wolfgang Lotz "En los periodos iniciales y centrales del Renacimiento, los dos métodos habituales de representación utilizados para el espacio interior de los dibujos de arquitectura son: la sección perspectiva y la sección con proyección ortogonal"²⁹.

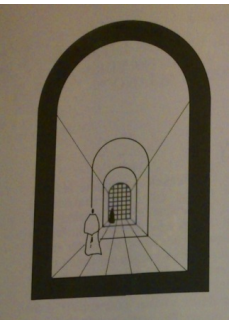


Fig. 2: Representación en Perspectiva. Fuente: Peter Haas.

Este sistema de representación utiliza un único punto de fuga, todo lo que se encuentra en el primer plano aparece seccionado y el único observador se sitúa perpendicular a la proyección.

²⁹ Wolfgang Lotz, *La arquitectura del Renacimiento en Italia: Estudios*, Biblioteca Básica de Arquitectura, Editorial Hermann Blume, Madrid, 1985.

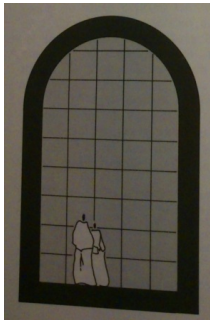


Fig. 3: Representación en Proyección Ortogonal. Fuente: Peter Haas.

La representación ortogonal ofrece una vista plana de lo representado. Suele estar sombreada para ayudar a distinguir el grado de profundidad de los planos utilizados. Es importante hacer referencia a la diferencia que realiza Leone Battista Alberti, entre los dibujos realizados por los pintores y los arquitectos. *“Entre el dibujo del pintor y del arquitecto existe esta diferencia: que el pintor se esfuerza, mediante sombras muy precisas, líneas y ángulos, en hacer resaltar en una lámina su relieve; y el arquitecto, no preocupándose de las sombras, hace resaltar los relieves mediante el dibujo de la planta, como quien quiere que sus cosas sean juzgadas no por la perspectiva aparente, sino por las verdaderas divisiones basadas en la razón”*³⁰.

En los manuscritos de Leonardo aparecen representaciones gráficas de elementos arquitectónicos y urbanísticos, que se corresponden con estudios, anotaciones e incluso encargos, que le hacen a lo largo de su vida. Leonardo utiliza para sus invenciones y encargos sistemas de representación que hasta esa época no habían sido inventados, aunque ya iban iniciando su proceso de creación. Por indicar algún ejemplo significativo, en la figura 4, (correspondiente al Folio 24r del Manuscrito B, actualmente expuesto en el Institut de France en París), se aprecia como Leonardo utiliza simultáneamente un sistema de representación perspectivo y ortogonal, dependiendo de la proyección que desee obtener. La representación exterior contiene elementos de la llamada Perspectiva caballera, un método que se desarrolló posteriormente y que fue el preferido de los arquitectos para la representación de los edificios centralizados.

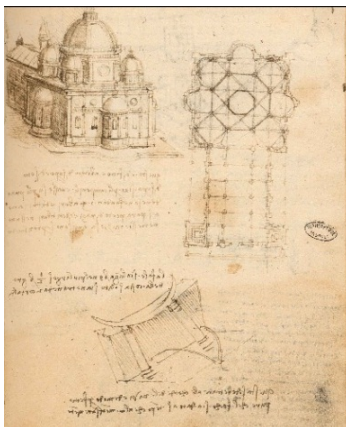


Fig. 4. Folio 24r Manuscrito B. Fuente: Leonardodigitale.com.

En el año 1799, fruto de la evolución de los estudios de estos personajes históricos, Gaspard Monge, matemático francés, inventó el sistema diédrico. Los testimonios gráficos nos indican que personajes anteriores habían utilizado parcialmente este sistema de representación, pero es Monge quien lo desarrolla hasta su plenitud. Este es el motivo por el que su invención es otorgada a Monge.

Lo mismo ocurre con la proyección isométrica, incluida dentro del tan utilizado Sistema Axonométrico, la cual fue desarrollada durante los siglos XVIII y XIX por William Farish, profesor de química de la Universidad de

³⁰ Alberti, León Battista, *De re aedificatoria*, traducción de Javier Fresnillo, Editorial Akal, Madrid, 1991.



Cambridge. En el documento de 1822 conocido como "*perspectiva isométrica*", Farish indicaba la necesidad de "*precisos dibujos libres de distorsión óptica*". Este sistema nos proporciona una visión directa de los cuerpos representados.

OBJETIVOS.

El objetivo de esta comunicación es analizar y describir los sistemas de representación utilizados en el Renacimiento y dentro del campo de la Arquitectura. Realizando un estudio específico de las representaciones empleadas por Leonardo para el proyecto del cimborrio del Duomo de Milán. Durante el estudio de estos elementos es necesario entrar en el debate de "*Leonardo no Arquitecto*" o "*Leonardo Si Arquitecto*", del cual se pueden encontrar diferentes teorías.

CONTENIDO.

El Renacimiento es el período histórico que comprende desde principios del Siglo XV y hasta finales del Siglo XVI. Según Giorgio Vasari "*los logros técnicos, económicos, sociales e intelectuales alcanzados en este tiempo, no habían tenido igual ni en Italia ni en Europa desde el imperio romano*"³¹. Hasta esta época los diseñadores de edificios eran más bien artesanos que arquitectos, de hecho poco se sabe en relación a los Arquitectos de las obras románicas o de las grandes catedrales góticas.

El Renacimiento trajo consigo un cambio en la arquitectura y en los arquitectos, que pasaron del anonimato a marcar en cada trabajo su estilo personal. Tal y como afirma Lotz: "*Nunca hemos encontrado ningún dibujo hecho por un arquitecto italiano que se pudiera fechar con certeza antes del año 1460 aproximadamente. Los primeros dibujos datan del último cuarto del Siglo XV*"³². Esto unido a los avances de la técnica y al momento de plenitud económica que se vivía en el norte de Italia, hizo que aparecieran un selecto grupo Arquitectos-humanistas que ejecutaron obras inverosímiles y que perduran en la actualidad. Es el caso de Filippo Brunelleschi, escultor y arquitecto florentino que se trasladó a Roma para estudiar arquitectura y entre sus obras más importantes se encuentran la cúpula de Santa María del Fiore en Florencia, el Palazzo Pitti o el hospital de los inocentes en Florencia.

Leonardo da Vinci es considerado uno de los mejores artistas y genios de la época del Renacimiento y posiblemente de toda la historia de la humanidad. Destacó brillantemente como pintor, inventor, anatomista, escultor, filósofo y escritor; y prueba de ello son sus excelentes obras de arte, todas ellas ubicadas dentro de las instalaciones de los mejores museos del mundo, y por supuesto por sus Códices y Manuscritos, gracias a los cuales hemos podido conocer y apreciar su conocimiento y su pasión por la investigación. Estas investigaciones han anticipado muchos avances de la ciencia moderna, sobre todo en las áreas de anatomía, óptica e hidráulica. Leonardo vivió durante la finalización de los dos proyectos arquitectónicos más importantes de finales del Siglo XIV; la terminación del Duomo de Florencia y del Duomo de Milán, con la construcción de sus cúpulas. En ambos casos se trataba de trabajos extremadamente complejos desde el punto de vista de la técnica, que exigieron a los Arquitectos grandes dosis de habilidad y destreza. A lo largo de su vida Leonardo escribió numerosos Códices, Manuscritos, libretas de dibujos y anotaciones, registrando en ellas no solo sus estudios y apreciaciones personales, sino también curiosidades y acontecimientos de su vida personal. Se estima que tal colección de Códices y Manuscritos llegó a tener unas 15000 páginas aproximadamente, aunque a nuestros días se encuentran localizadas en torno a 6000, es decir, en torno al 40% de los manuscritos que escribió.

Tal y como afirma el profesor Carlo Pedretti³³, no es de extrañar que estos estudios y anotaciones se encuentren aparentemente "*esparcidos*" por entre sus códices y manuscritos, (dando la sensación de desorden), ya que Leonardo estudiaba múltiples elementos, maquinas, diseños o problemas a la vez, y de dichos estudios anotaba en diversos Códices sus ideas iniciales, sus investigaciones y sus diseños y/o conclusiones finales. Tras la muerte de Leonardo se inició un proceso de continuas transmisiones que hizo que estos Manuscritos fueran expoliados, desordenados o incluso nuevamente encuadrados en tomos o facsímiles que no tenían nada que ver con los iniciales. Tras su muerte los Códices y Manuscritos son legados a Francesco Melzi, fiel discípulo de Leonardo durante sus últimos años de vida. A partir de ese momento los Códices inician un constante periplo hasta nuestros días³⁴. Herencias, ventas, robos y donaciones que han supuesto la pérdida, modificación o

³¹ Vasari Giorgio, *Las Vidas de los más excelentes Arquitectos, Pintores y Escultores Italianos desde Cimabue a nuestros días*, edición de Luciano Bellosi y Aldo Rossi. Editorial Cátedra, Madrid, 201.

³² Wolfgang Lotz, *La arquitectura del Renacimiento en Italia: Estudios*, Biblioteca Básica de Arquitectura, Editorial Hermann Blume, Madrid, 1985.

³³ Pedretti Carlo, *Leonardo Architetto*, Ediciones Electa, Milán 1988.

³⁴ Mazenta, G.A. L. *Grammatica, Le memorie su Leonardo da Vinci*, Alfieri&Lacroix, Milán 1919.

reestructuración de los mismos, hasta el estado en el que actualmente se encuentran³⁵. Los Códices y Manuscritos no tenían nombre hasta años después de la muerte de Leonardo, el los rellenó escribiendo de derecha a izquierda, de manera que solo pueden ser leídos mediante la ayuda de un espejo.

Los Manuscritos que han llegado hasta nuestros días se encuentran repartidos entre las ciudades de París, Madrid, Londres, Milán y Seattle. En el Institut de France en París se encuentran los conocidos como manuscritos de Francia, una colección de 12 Manuscritos identificados con las letras de la A a la M, y que fueron llevados allí en el año 1795 por orden de Napoleón Bonaparte, como parte del botín de guerra. En la biblioteca Ambrosiana de Milán se encuentran el Códice Atlántico y Códice Trivulziano. El primero de ellos es el más famoso y extenso, cuenta con un total de 1117 folios, mientras que el segundo es uno de los menos extensos con tan solo 62 folios. En el Castillo de Windsor se encuentra el Códice que lleva el mismo nombre y es propiedad de la Familia Real Británica, cuenta con un total de 600 folios. En el British Museum se encuentra el Códice Arundel con un total de 283 folios, agrupados según los distintos tamaños. También en Londres, pero en el Albert Museum se encuentra el Códice Foster, tres manuscritos identificados como Foster I, II y III. En la Biblioteca Nacional de Madrid se encuentran los Códices Madrid I y Madrid II, con 192 y 158 folios respectivamente. Estos fueron hallados en el año 1966 y su descubrimiento supuso una auténtica revolución por su especial calidad, representatividad y el estado casi perfecto en el que se encontraron. Por último el Códice Hammer, el cual se encuentra en Seattle y es propiedad de Bill Gates. Está compuesto por 18 hojas dobles y en los últimos años se le ha aplicado un importante tratamiento de restauración, que ha supuesto la inclusión de las hojas entre láminas de Metacrilato.

El interés de Leonardo por los problemas y soluciones arquitectónicas se manifiesta claramente en sus Códices. No hay más que realizar un primer análisis de sus estudios e investigaciones para apreciar como la Arquitectura es un campo importante, al cual le prestó interés y dedicación a lo largo de su vida. Con este comentario no se pretende aún, entrar en el debate de "Leonardo Si Arquitecto³⁶" o de "Leonardo No Arquitecto³⁷", aunque más adelante será necesario comentar e indicar las teorías de dicha contraposición.

No se tiene constancia que Leonardo da Vinci, cursara estudios de Arquitectura, pero el consideró que se podía explicar el comportamiento de las cosas recurriendo a otras que fueran similares y a la observación de la naturaleza. "Leonardo adquirió gran parte de sus conocimientos en arquitectura, a través de un cuidadoso estudio del Tratado de arquitectura militar y civil de Francesco di Giorgio Martini"³⁸. Ambos se conocieron en las reuniones de arquitectos y artistas celebradas en la ciudad de Milán para la construcción del Címborio del Duomo. A partir de ese momento se inicia un periodo de amistad y de aprendizaje mutuo. Los problemas relacionados con la Arquitectura los dejó reflejados en sus manuscritos, especialmente en el Manuscrito B, correspondiente al periodo de 1483-1489, momento en el que Leonardo se encontraba en Milán a las órdenes de Ludovico Sforza. Es a esta época a la que corresponden los trabajos para el cimborrio del Duomo de Milán, estudios de plantas y alzados de iglesias, estudio y diseño de la Villa Charles d'Amboise encargada por el ducado de Milán, o lo que en principio, se podría considerar como su obra maestra dentro del ámbito de la Arquitectura y la planificación urbanística, "La città ideale", (véase fig.5).

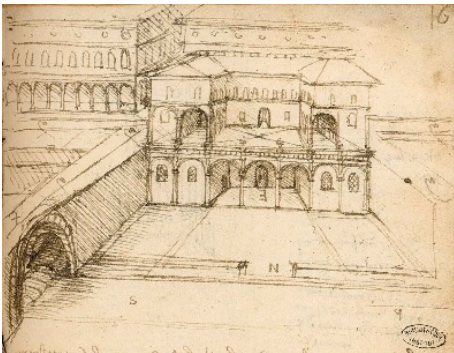


Fig. 5. Manuscrito B, folio 16r. Estudio de Ciudad Ideal de Leonardo da Vinci.
Fuente: leonardodigitale.com

³⁵ García Tapia, Nicolás, 1997, 'Los Códices de Leonardo en España', *Boletín del seminario de Estudios de Arte y Arqueología*, Tomo 63, pp 371-395.

³⁶ Pedretti Carlo, *Leonardo Architetto*. Ediciones Electa, Milán 1988.

³⁷ AA.VV, *Leonardo da Vinci. Vida y Obra*. Ediciones Tikal, Milán 2009.

³⁸ Afirmación realizada por Carlo Pedretti en la introducción del libro de Tagliagalamba Sara, *Leonardo&L Arquitectura*. CB Edizioni, Poggio a Caiano, 2010.



En todos los Manuscritos de Leonardo han quedado reflejados gráficamente los estudios y anotaciones de los trabajos estudiados. Para estas representaciones gráficas, Leonardo utiliza los dos sistemas de representación indicados anteriormente por Wolfgang Lotz. El sistema de representación con proyección ortogonal de planta y alzado, es usado por Leonardo para estudios y proyectos de villas, (por ejemplo la que se puede observar en la figura 6), plantas de iglesias, cartografía, y para la representación de algunas fortificaciones ya construidas en las llanuras del río Arno).

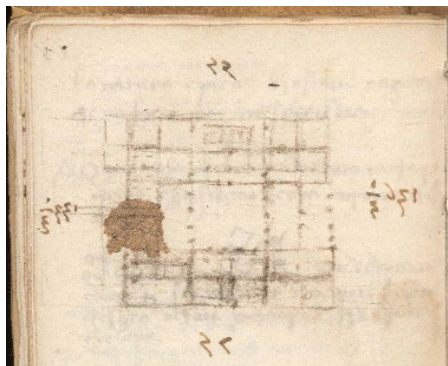


Fig. 6. Manuscrito I. Folio 18v, planta de palacio. Fuente: leonardodigitale.com

No debe de resultar extraño que utilice un sistema de representación de alzado y planta para los estudios de iglesias, (construcciones que pueden parecer más complejas), ya que si se observan estos estudios, siempre se completan con representaciones perspectivas. Estas habitualmente son utilizadas por Leonardo para las representaciones exteriores de edificios. No obstante, el sistema de representación perspectivo utilizado por Leonardo difería considerablemente del utilizado hasta ese momento por otros arquitectos y/ o artistas del Renacimiento. Esta diferencia radicaba fundamentalmente en dos cuestiones: Elevación del punto de vista por encima del nivel del suelo, lo que permitía obtener una mejor proyección de la estructura del edificio, restando importancia al resto de detalles; Modificación de la perspectiva centralizada a una perspectiva lateral o "caballera" tal y como se la denominó años más tarde. La primera diferencia marcada fue suficiente para que Wolfgang Lotz, bautizara esa representación como "Perspectiva a vista de pájaro", y fuera considerado como "los primeros ejemplos de este método trazados sistemáticamente"³⁹.

En la ilustración de la figura 7, fechada en torno al año 1490, se muestran la vista exterior e interior de un edificio centralizado, utilizando la indicada perspectiva a vista de pájaro. Es interesante hacer un especial hincapié en la sección del edificio, representada a la izquierda de la figura. En ella, el plano sección viene representado por la línea horizontal que se encuentra ubicada a nivel de suelo y que es la encargada de separar la parte representada de la parte no visible, la cual quedaría junto al observador. El arquitecto León Battista Alberti denomina a este plano sección, como si "esta superficie..... fuese como de vidrio o de otra cosa transparente"⁴⁰, es decir, mirando al interior del edificio desde una ventana de cristal.

De esta forma y si no contáramos con la representación de la volumetría, que se encuentra a la derecha de la figura, se podría tener la sensación de pérdida de la globalidad de la edificación. En pocas palabras, resultaría difícil, partiendo de la sección, completar mentalmente la volumetría de la edificación. De hecho, esto es lo que ocurre generalmente en todas las perspectivas a vista de pájaro realizadas en el Renacimiento.

Leonardo, muy hábilmente, compensó esta deficiencia de la perspectiva a vista de pájaro dibujando por delante del plano sección el resto de la planta del edificio. De esta forma, no se representa el edificio globalmente pero se marcan las directrices para una mayor comprensión y entendimiento del mismo.

³⁹ Wolfgang Lotz, *La arquitectura del Renacimiento en Italia: Estudios*, Biblioteca Básica de Arquitectura, Editorial Hermann Blume, Madrid, 1985.

⁴⁰ Wolfgang Lotz, *La arquitectura del Renacimiento en Italia: Estudios*, Biblioteca Básica de Arquitectura, Editorial Hermann Blume, Madrid, 1985.

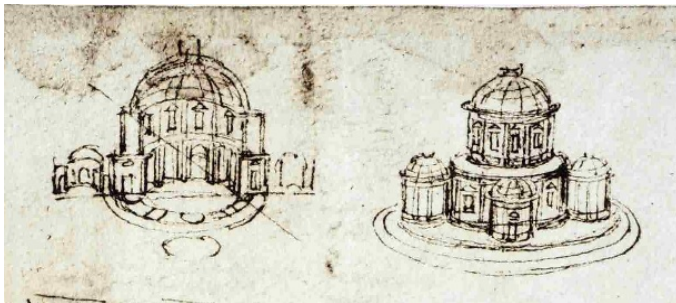


Fig. 7. Representación "a Vista de Pájaro" de un Edificio Centralizado. Manuscrito Atlántico Folio 205v-a.
Fuente: leonardodigitale.com

No es de extrañar que posteriormente Francesco di Giorgio trate la perspectiva a vista de pájaro de la misma manera que Leonardo, ya que posiblemente conociera la evolución del trabajo de Leonardo, gracias a su amistad y a la cooperación profesional que entre ambos existió.

Dentro de los Manuscritos de Leonardo se encuentran los estudios de arcos y cargas realizados para la construcción del Duomo de Milán, los cuales quedaron reflejados gráficamente en el Códice Atlántico (Folios 850-r, 850-v, 851-r y 851-v), en el Manuscrito B, Folio 10v y en el Códice Trivulziano (Folios 2v y hasta el 21r), véase algunos de estos Folios en la figura 8.

Estos estudios de gran complejidad arquitectónica se encuentran representados "simplemente" mediante un sistema de representación bidimensional de planta y alzado. Tampoco Leonardo utiliza su famosa "perspectiva a vista de pájaro", la cual permitiría una mayor facilidad de entendimiento y comprensión de los estudios.

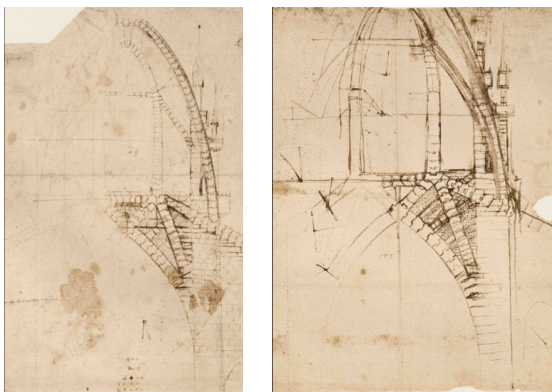


Fig. 8. Códice Atlántico. Folios 850r y 851v, Estudios de Arcos Duomo de Milán. Fuente: leonardodigitale.com

¿Cuál podría ser el motivo por el que Leonardo utiliza para uno de los mayores proyectos de todo el Renacimiento, un sistema de representación más simple, basado en plantas y alzados?. Ante esta cuestión es obligatorio entrar en la dualidad de "Leonardo No Arquitecto" y "Leonardo Si Arquitecto" nombrada con anterioridad.

En la primera de ellas, tendría cabida la idea que establece que Leonardo estudió dicha estructura como entretenimiento o como parte del interés que mantenía por los elementos arquitectónicos. Estos estudios de arcos y cargas se encuentran fechados entre los años 1486-1489⁴¹, varios años antes de la adjudicación y encargo de la obra a Francesco di Giorgio, lo cual deja en evidencia la teoría de que dichos estudios fueran realizados simplemente por entretenimiento.

Con respecto a la teoría de un "Leonardo Arquitecto", que parece más sostenible y con mayores argumentos, confirma que Leonardo se presentó al concurso del Cimborrio del Duomo de Milán, propuesto por la venerable Fabrica entre los años 1487-1490. Existen pruebas para este proyecto, que Leonardo fue compensado con un total de 56 liras imperiales en tres plazos, el primero el 9 de Agosto de 1487, el segundo el 30 de Septiembre de 1487 y el tercero y último el 11 de enero de 1488, y todos estos pagos fueron realizados en concepto de

⁴¹ Pedretti Carlo, *Leonardo Architetto*. Ediciones Electa, Milán 1988.



"*Arreglos en la Maqueta*". Es decir, Leonardo y ante la envergadura de la intervención arquitectónica a la que se presentaba, decide la elaboración de una maqueta. En los inicios del año 1488 la maqueta estaba totalmente terminada, y así lo confirma el propio Leonardo en una carta reflejada en el Códice Atlántico, Folio 270r-c, (véase fig. 9), donde explica con todo detalle el procedimiento adoptado. Leonardo parte de un Duomo enfermo y en su carta establece los trabajos de reparación a realizar para curar al paciente⁴².

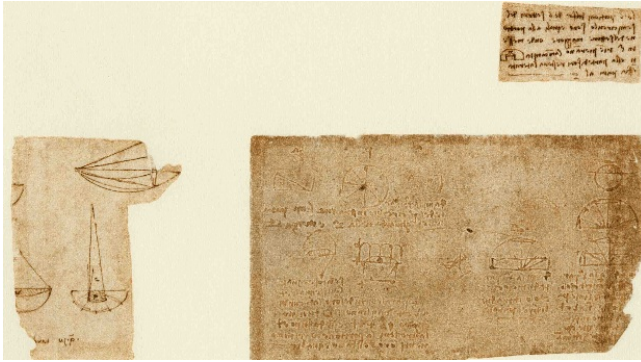


Fig. 9. Códice Atlántico. Folio 270r-c. Carta trabajos Duomo de Milán. Fuente: leonardodigitale.com

Este es el motivo por el que los estudios reflejados en sus Códices y en relación a este trabajo, pueden parecer "*simples estudios de arquitectura*". Esta técnica llevada a cabo por Leonardo puede parecer novedosa, pero no deja de ser un trabajo habitual entre los arquitectos del Renacimiento y que se inicia en el Siglo XIV.

Son numerosas las fuentes escritas donde se confirma esta metodología habitual de trabajo de los Arquitectos de la época. Así, por ejemplo, en el diseño de la iglesia del Santo Spirito de Florencia, el arquitecto Renacentista Filippo Brunelleschi, comenzó por un "*diseño sobre el que se basaban los cimientos (la planta), y con él les explico verbalmente como quedaría una vez levantado*". Una vez autorizadas las obras por las autoridades, Brunelleschi encargó "*una maqueta de madera a pequeña escala*". Lo indicado por Manetti, establece que para la discusión de un proyecto no era necesaria la realización de un alzado. La planta y la maqueta constituían los elementos necesarios para la realización y posterior ejecución de un proyecto. También indica que hasta el final del Siglo XV, los espacios interiores más grandes se diseñaron por medio de maquetas y que es a partir del año 1500 aproximadamente, cuando estas maquetas empiezan a ser sustituidas por dibujos o perspectivas⁴³.

Antonio Averlino, Arquitecto Renacentista más conocido con el nombre de Filarete, establece en su Tratado de Arquitectura la metodología del diseño arquitectónico. "*un diseño a línea según el cual se disponen los cimientos y una vez que el cliente lo ha aceptado, debe producir una maqueta que se podría llamar también un diseño en tres dimensiones*"⁴⁴.

No se puede dejar de nombrar al Arquitecto Renacentista León Battista Alberti, el cual en su libro "*De re Aedificatoria*", establece: "*Por lo cual yo siempre recomiendo mucho la antigua costumbre de los constructores de que no solo con dibujos de líneas y con pinturas, sino también con maquetas..... se examine, se piense y se reconsidere..... Toda la obra y todas las medidas de sus partes....*"⁴⁵.

El profesor Carlo Pedretti nos indica otros elementos importantes en relación al trabajo realizado por Leonardo en el cimborrio del Duomo de Milán y con respecto a la relación entre Leonardo y Francesco di Giorgio.

Francesco di Giorgio, llegó a Milán a finales del mes de mayo de 1490, con la intención de preparar su propuesta de intervención en la Catedral de Milán. El 8 de junio de 1490 Ludovico Sforza reclama a Francesco di Giorgio, Leonardo da Vinci y Amadeo para una consulta sobre los trabajos de la Catedral de la localidad de Pavía. De esta manera el 21 de ese mismo mes, tanto Francesco di Giorgio como Leonardo se encuentran en la citada localidad. El 27 de junio se produce la reunión de los miembros de la Fábrica y los concursantes para proceder a establecer la decisión final. En este procedimiento de adjudicación definitiva no se nombra la propuesta de Leonardo y se confirma a Francesco di Giorgio como Arquitecto del cimborrio, el cual había llegado a Milán no hacía más de un mes y además había tenido que realizar un viaje con Leonardo a la localidad cercana de Pavía⁴⁶.

Todo lo indicado hace pensar que la maqueta de Leonardo pudo ser utilizada por Francesco di Giorgio para su propuesta definitiva. Un acuerdo existente entre "*El maestro*" y "*El aprendiz*", en el que ambos podían salir

⁴² Pedretti Carlo, *Leonardo Architetto*. Ediciones Electa, Milán 1988.

⁴³ Manetti, Antonio, *Vita di Filippo di Ser Brunellesco*, Editorial Toesca, Florencia, 1927.

⁴⁴ Averlino, Antonio, *Tratatto di Architettura*, Editorial Polifilo, Milano, 1972.

⁴⁵ Alberti, León Battista, *De re aedificatoria*, traducción de Javier Fresnillo, Editorial Akal, Madrid, 1991.

⁴⁶ Pedretti Carlo, *Leonardo Architetto*. Ediciones Electa, Milán 1988.

beneficiados. Una acción llevada a cabo por Leonardo da Vinci, que afianzaría su amistad con Francesco di Giorgio, y así de esta forma poder ampliar los conocimientos de Arquitectura del hasta ese momento joven e inexperto Leonardo.

Examinados los dibujos de los Códices de Leonardo y la obra ejecutada, existen ciertas similitudes entre ambas propuestas, aunque también es cierto que existen algunas diferencias reseñables.

CONCLUSIONES.

No se pueden conocer todos los avances y estudios realizados por Leonardo da Vinci, ya que más de la mitad de sus códices y manuscritos se encuentran desaparecidos o en colecciones privadas. Existen algunas lagunas en sus estudios de Arquitectura y Urbanismo, lo que implica un necesario e inicial debate sobre si Leonardo fue arquitecto y ejerció como tal, o, simplemente estos campos fueron un entretenimiento para él.

Leonardo da Vinci utilizó para sus estudios e investigaciones sistemas de representación que hasta esa fecha eran desconocidos y que, gracias a posteriores aportaciones y estudios de otros personajes, le fueron atribuidos siglos más tarde. Posiblemente, para Leonardo los sistemas de representación eran simples métodos de apoyo en el desarrollo de sus estudios. Y por ello, es posible que no prestara mucha atención a dichos métodos, ya que simplemente los utilizaba como medio para alcanzar un fin.

Gracias a la utilización de estos sistemas de representación en los estudios y trabajos de Leonardo, podemos apreciar con mayor claridad su legado y los avances llevados a cabo por él. No obstante, quedan muchas incógnitas por resolver de sus trabajos y estudios de arquitectura que seguramente, en años o décadas venideras, permitirán nuevas publicaciones.

Referencias bibliográficas

- 1º) AA.VV, *Leonardo da Vinci. Vida y Obra*. Ediciones Tikal, Milán 2009.
- 2º) Alberti, León Battista, *De re aedificatoria*, traducción de Javier Fresnillo, Editorial Akal, Madrid, 1991.
- 3º) Averlino, Antonio, *Tratatto di Architettura*, Editorial Polifilo, Milano, 1972.
- 4º) García Tapia, Nicolás, 1997, "Los Códices de Leonardo en España", *Boletín del seminario de Estudios de Arte y Arqueología*, Tomo 63, pp 371-395.
- 5º) González Monsalve, Mario y Palencia Corte, Julián. *Geometría Descriptiva*. Editor Ana Palencia Pérez, Sevilla, 2008.
- 6º) Manetti, Antonio, *Vita di Filippo di Ser Brunellesco*, Editorial Toesca, Florencia, 1927.
- 7º) Mazenta, G.A, L. *Grammatica, Le memorie su Leonardo da Vinci*, Alfieri&Lacroix, Milán 1919.
- 8º) Monge, Gaspard, *Geometría Descriptiva*, Editorial Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1996.
- 9º) Pedretti Carlo, *Leonardo Architetto*, Ediciones Electa, Milán 1988.
- 10º) Tagliagambara Sara, *Leonardo&L Arquitectura*. CB Edizioni, Poggio a Caiano, 2010.
- 11º) Vasari Giorgio, *Las Vidas de los más excelentes Arquitectos, Pintores y Escultores Italianos desde Cimabue a nuestros días*, edición de Luciano Bellosi y Aldo Rossi. Editorial Cátedra, Madrid, 201.
- 12º) Wolfgang Lotz, *La arquitectura del Renacimiento en Italia: Estudios*, Biblioteca Básica de Arquitectura, Editorial Hermann Blume, Madrid, 1985.



LA REPRESENTACIÓN DEL ENTORNO NATURAL COMO HERRAMIENTA DE ANÁLISIS. EL PAISAJE Y ARQUITECTURA EN LA COSMOVISIÓN DE LOS ANTIGUOS MAYAS.

José Luis HIGÓN CALVET*
Manuel MAY CASTILLO**

*Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica.

**Universidad Politécnica de Valencia./ CONACYT. Instituto de Restauración del Patrimonio.

Abstract

In this paper we propose the analysis and interpretation of data provided by the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) and Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). These topographic data allow to extract the elevation data from a certain site and combining this with archaeological information available from several ancient maya settlements in order to provide a graphic methodological approach to the question about landscape related to urbanism and architecture. The methodology proposed here allows revealing urban activities related to the sacred landscape and a better comprehension about urban organization and building orientations according to own urban standards in ancient societies.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio responde a necesidades particulares en la investigación interdisciplinar del Patrimonio Cultural Maya y es el resultado de la estrecha colaboración iniciada desde el 2009 entre el Instituto de Restauración del Patrimonio y el Departamento de Expresión Gráfica, ambos pertenecientes a la Universidad Politécnica de Valencia. Las investigaciones de carácter interdisciplinar han aportado en años recientes resultados novedosos en el ámbito de Cultura Maya. En esta ocasión se propone una metodología de aproximación a la cuestión del paisaje y su vinculación con la ciudades y la arquitectura maya, aplicando las distintas herramientas provistas por la expresión gráfica, los datos arqueológicos, los datos topográficos a gran escala y los sistemas de información geográfica. Una metodología como la que aquí se propone permite desvelar indicios de actividades urbanísticas ligadas a un *paisaje sagrado* y profundizar en aspectos relativos a la organización y orientación de las edificaciones según normas urbanas propias en las sociedades antiguas.

De acuerdo con las investigaciones de los últimos años, las ciudades mayas parecen estar organizadas sobre ejes principales que apuntan hacia los cuatro rumbos del cosmos (como se concibe en Mesoamérica, aproximadamente hacia el Norte, Sur, Este y Oeste de la cultura Occidental, identificados con los colores rojo hacia el oriente, blanco hacia el norte, negro hacia el poniente y amarillo para el sur, cada uno de los rumbos poseen deidades propias) y las direcciones este-oeste hacia donde apuntan ciertos edificios parecen indicar posiciones específicas del Sol y algunos astros en el horizonte a lo largo del año. Aunque desde el siglo XVI los historiadores de la época colonial relacionaron las posiciones del Sol sobre el horizonte con fenómenos como los solsticios y equinoccios, esta concepción astronómica tiene sus orígenes en la cultura occidental y fue ajena a los antiguos pobladores de Mesoamérica. No obstante, a principios del siglo XX -durante los trabajos financiados por la Institución Carnegie de Washington y apoyado por el Departamento de Magnetismo Terrestre- el ingeniero Frans Blom (1926) después de analizar el grupo arquitectónico denominado "Grupo E" propuso una hipótesis que asignaba al conjunto arquitectónico funciones de observación de las posiciones del Sol. En 1927 Oliver Ricketson (2006) realizó una serie de excavaciones arqueológicas destinadas a corroborar las hipótesis de Blom y liberar la arquitectura del Grupo E. Al descubrir tres templos (E1, E11 y E111) sobre la plataforma alargada (figura 1a), Ricketson añadió a la hipótesis formulada por Blom, que también era posible la observación del sol sobre el horizonte durante los llamados solsticios y equinoccios. De este modo, el descubrimiento de Blom generó un gran interés por esta tipología de conjuntos arquitectónicos, y con el avance de las investigaciones se reportaron más casos en otros sitios del área maya. El investigador Karl Rupert (1962) reportó 19 nuevos sitios con características similares al Grupo E de Uaxactún, pero entonces ya se constató que los alineamientos de los nuevos conjuntos tipo Grupo E no eran tan "precisos" como parecían ser los de Uaxactún, en el sentido que no coincidían exactamente con los llamados equinoccios y solsticios. En el estado actual de las investigaciones en el ámbito maya se han reportado hasta 153 casos en el sureste de Petén, Guatemala, región que concentra el mayor número de casos en toda el Área Maya (Laporte 2000).

Estos conjuntos arquitectónicos están compuestos principalmente por una pirámide radial al oeste y por una plataforma alargada al este, las variaciones tipológicas suelen incluir templos emplazados sobre la plataforma este (figura 1b y 1c) y otros edificios al norte y al sur delimitando espacialmente el conjunto arquitectónico. A esta tipología de conjuntos arquitectónicos se les denomina de diversas formas: Conjuntos de tipo Grupo E, Complejos de Conmemoración Astronómica, Observatorios, Complejos de Ritual Público, Grupo Astronómico y Grupos con edificio aislado al oeste y otro alargado al este (Aveni, Dowd y Vining 2003; Fialko 1988; Laporte 2000; Muñoz 2006; Quintana y Wurster 2001:144; Ruppert 1962). Actualmente continúa la discusión académica acerca de sus funciones observacionales y cada vez está menos claro que efectivamente registrasen las posiciones del Sol sobre el horizonte conocidas como solsticios y equinoccios. Con el registro de nuevos casos se

han detectado algunos conjuntos con una tipología similar pero con la pirámide radial hacia el este como en Dzibilchaltún y, aunque en menor medida también se han reportado casos con la plataforma alargada al norte como en Yaxhá.



Fig 1a. Levantamiento del Grupo E de Uaxactún, Oliver Ricketson, 2006. 1b y 1c Fotografías del Emplazamiento. Manuel May Año 2010. Fuente: Elaboración propia.

En la mayoría de los casos, existe la problemática de no poder constatar los fenómenos astronómicos asignados a los conjuntos de tipo Grupo E debido a la densa vegetación de la selva que lo impide, como ya señalaba Blom (1926). No obstante se han realizado precisas mediciones de forma sistemática en varios de estos complejos que permiten afirmar con cierto grado de certeza que efectivamente pudieron registrar posiciones específicas del Sol sobre el horizonte (Aveni, Dowd y Vining 2003), aunque como se ha dicho antes, no necesariamente coinciden con las posiciones del Sol en los llamados solsticios y equinoccios, mas bien parecen apuntar a posiciones del Sol en fechas relevantes para el calendario mesoamericano. En este sentido han sido pioneros los estudios sistemáticos realizados por Sánchez y Šprajc (2011), quienes recogen un buen número de orientaciones en la arquitectura maya en edificaciones diferentes a los complejos de tipo Grupo E. Los autores muestran que las orientaciones responden un patrón variable, y no necesariamente corresponden con las posiciones extremas del Sol sobre el horizonte pero sí se corresponderían con intervalos relacionados con el ciclo calendárico maya.

Así pues, con las investigaciones anteriores se establecieron ciertas relaciones entre arquitectura, urbanismo y paisaje maya, sugiriendo principalmente una estrecha relación entre ciertos edificios y complejos arquitectónicos con el horizonte esbozado por el paisaje circundante. En este sentido Vogrin (1979) realizó un interesante estudio del horizonte de la ciudad maya de Copán con técnicas de creación de panoramas para determinar en qué medida la arquitectura y el paisaje estaban vinculados. Otros estudios del paisaje han sido realizados en otras ciudades de Mesoamérica más allá de la región maya y los resultados permiten afirmar con alguna certeza que la arquitectura y el urbanismo estaban íntimamente vinculados con el paisaje, aunque cada sitio presenta características particulares y se requiere ampliar los estudios en cada caso por separado. Quintana (2008:70-74) señala que los asentamientos mayas del noreste de Petén generalmente se ubican sobre terrenos elevados por encima de las áreas inundables y cercanos a fuentes naturales de agua, con la ventaja adicional de poder "controlar" desde lo alto amplios sectores de territorio. Existe también algún estudio que mediante los actuales sistemas de información geográfica integran factores de visibilidad entre los distintos edificios de la ciudad, desde la arquitectura más monumental hacia las áreas residenciales y viceversa (Richards-Rissetto y van der Elst 2007) y por otro lado también se ha sugerido que entre edificaciones monumentales pertenecientes a ciudades separadas varios kilómetros existirían relaciones visuales que pudieron haber sido planificadas y que las líneas visuales adicionalmente tendrían orientaciones propias relacionadas con la cosmología maya (Higón y May 2011; Sánchez y Šprajc 2011; Šprajc 2009).

Con los antecedentes descritos arriba se vio la necesidad de diseñar una metodología que permita profundizar en el estudio del paisaje y la arquitectura maya y que además permita corroborar las hipótesis sugeridas en el pasado, centrando nuestra atención en aquellos sitios en los cuales se han registrado conjuntos arquitectónicos de tipo Grupo E pero susceptible de ser aplicados a las ciudades mayas en general. La generalización del uso de los Sistemas de Información Geográfica (GIS), y la posibilidad de disponer de datos, tanto de la ubicación geográfica de los emplazamientos arqueológicos Mayas, como del relieve topográfico que los circunda⁴⁷, permite la definición de un procedimiento de estudio de las condiciones de inserción en el territorio y del paisaje circundante. La gran cantidad de sitios que cuentan con complejos arquitectónicos de tipo Grupo E, facilitan el estudio sistemático y por tanto se seleccionaron los siguientes casos para esta primera aproximación: Balakbal, Balamkú, Calabazal, Calakmul, Calzada Mopán, Caracol, Genote, Chan Chich, Tikal y Uaxactún.

⁴⁷ Jarvis A., H.I. Reuter, A. Nelson, E. Guevara, 2008, Hole-filled seamless SRTM data V4, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT)



OBJETIVOS

General:

-Definir un procedimiento de estudio que permita conocer las condiciones de inserción en el territorio y del paisaje circundante en la ciudad maya.

A tal efecto, se propone los siguientes objetivos instrumentales:

-Definir un procedimiento de análisis mediante los Sistemas de Información Geográfica (GIS) reproducible y generalizable que permita el estudio de las características del paisaje que circunda a un emplazamiento concreto, atendiendo especialmente a la delimitación de la cuenca de visibilidad observable desde el emplazamiento y a la detección de accidentes topográficos en el horizonte en relación con las direcciones del orto y del ocaso del Sol.

-Analizar la información obtenida a partir de los datos de elevación de los sitios estudiados y sus representaciones gráficas correspondientes para desvelar las características de su inserción en el territorio, sus relaciones visuales con otros sitios y con la topografía circundante.

- Detectar la existencia de patrones comunes en las cuencas visuales de los sitios que cuentan con conjuntos arquitectónicos de tipo Grupo E que apoyen las hipótesis desarrolladas en estudios anteriores, tanto a favor como en contra, acerca de las funciones observacionales asignadas a estos conjuntos.

CONTENIDO

El procedimiento que a continuación se describe pretende establecer una secuencia de operaciones basadas en la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica y el uso de programas de modelado tridimensional, que faciliten la interpretación del paisaje que circunda a un emplazamiento concreto. La definición y análisis de las cuencas visuales, y el cálculo de panoramas de horizonte implican la resolución de una cuestión de carácter geométrico, que involucra necesariamente dos tipos distintos de datos de partida. Necesitaremos en primer lugar elegir y definir un emplazamiento concreto objeto de estudio y a continuación, necesitaremos recabar información sobre la forma geométrica del entorno a estudiar. Se trata por tanto de obtener los datos geográficos y topográficos que nos permitan responder a las dos preguntas planteadas a continuación:

1.- Desde dónde estamos observando?

Será necesario conocer las coordenadas geográficas del punto desde el cual se pretende definir la observación (Tabla 1). En el caso de la mayoría de los emplazamientos analizados en el presente estudio, las coordenadas geográficas del punto de observación se han obtenido mediante la lectura directa de una unidad GPS, grabando un hito (waypoint) en el preciso lugar desde donde se quiere analizar en entorno. En los casos en los que no ha sido posible visitar el emplazamiento para adquirir el dato correspondiente a sus coordenadas geográficas, se ha recuperado el dato correspondiente mediante la consulta de los atlas arqueológicos de cada país (véase Witschey y Brown 2010).

Emplazamientos Grupo E	Rango	Latitud	Longitud	Altitud	Fuente
Balakbal	III	17°52'34.34" N	89°35'05.73" W	243m	Šprajc 2008
Balamkú	III	18°33'38.40" N	89°56'45.60" W	187m	Mayer 2006
Calabazal	IV?	16°45'31.00" N	89°18'18.00" W	269m	Laporte 1998*
Calakmul	I	18°06'16.20" N	89°48'37.20" W	231m	Mayer 2006
Calzada mopán	IV	16°45'18.00" N	89°24'05.00" W	289m	Ford 2004
Caracol	I	16°45'50.22" N	89°07'03.36" W	536m	Witschey 2009
Cenote	IV	16°56'13.42" N	89°48'06.80" W	190m	Ashmore 1981
Chan chich	IV	17°33'45.60" N	89°05'31.56" W	132m	Ford 2004
Tikal	I	17°13'11.33" N	89°37'32.13" W	325m	Manuel May 2010
Uaxactun	II	17°23'52.62" N	89°38'15.90" W	189m	Manuel May 2010

*Laporte publica un plano general, pero las coordenadas del sitio fueron obtenidas gracias a la fotografías aéreas provistas en Google Earth donde se ve el Conjunto tipo E en cuestión.

2.- Qué estamos observando?

Será necesario obtener una representación del relieve topográfico que circunda al emplazamiento objeto de estudio. A los efectos de poder utilizar dicha información en el ámbito de un Sistema de Información Geográfica, se suelen utilizar archivos de imagen (ráster), donde la información contenida en cada uno de sus píxeles es recuperable por el programa en términos de cota. Dichos archivos suelen estar confeccionados y editados por las Administraciones Públicas⁴⁸ o por las entidades de investigación. En el desarrollo de la presente investigación se han utilizado las imágenes ráster correspondientes al Área Maya en tres países: Belice, Guatemala y México. Los archivos ráster están disponibles en los sitios web del CGIAR Consortium for Spatial

⁴⁸ En el caso de España, se pueden recuperar archivos ráster de Modelo digital del terreno con paso de malla de 5 m en la dirección <http://centrodedescargas.cnig.es/>

Information (CGIAR-CSI)⁴⁹ y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (INEGI), donde se pueden obtener archivos con Modelos Digitales del Terreno de un paso de malla de 90m (para el caso de Guatemala y Belice) y de un paso de malla de 5m (para el caso de México). Dichos archivos están disponibles en formato ASCII DEM o en formato GEOTIFF, y son procesables por la mayoría de Sistemas de Información Geográfica utilizados habitualmente.

En el primer caso, los archivos son el resultado del proceso de los datos obtenidos en la Shuttle Radar Topography Mission (SRTM); misión desarrollada por la NASA en febrero de 2000, que consistió en la obtención de una imagen tridimensional de la topografía de la superficie terrestre comprendida entre los 56°Sur y los 60°Norte. Los archivos disponibles en el citado sitio web representan fracciones de la superficie terrestre de 5° de latitud por 5° de longitud, en un archivo de imagen de 6000x6000 píxeles, donde la altura correspondiente a cada píxel queda representada por un valor de gris. En el segundo caso se trata de una base de datos desarrollada por el INEGI mediante el empleo de métodos fotogramétricos de correlación cruzada, tecnología LiDAR (por su acrónimo en inglés de Light Detection and Ranging) y mediante la digitalización de la cartografía topográfica existente (véase INEGI 2011).

Una vez disponemos de la información de entrada, compuesta por la representación del relieve y por la ubicación geográfica del emplazamiento a estudiar, se trata de abrir ambos archivos en cualquier programa de edición de Sistemas de Información geográfica. En nuestro caso se ha utilizado ArcGIS V10. Es importante destacar que los archivos utilizados contienen la información geográfica en un formato determinado, y a efectos de que se produzca la necesaria coincidencia entre el lugar y la topografía circundante, es necesario que ambos archivos contengan la información en el mismo formato y utilicen las mismas unidades. En el caso del Geotiff que representa el relieve, su sistema de coordenadas es el Geographic Coordinate System - WGS84 y sus unidades son los grados sexagesimales en Longitud y Latitud. En el caso de la localización geográfica de los emplazamientos, si el dato está obtenido desde el archivo ".kml" provisto por *The Electronic Atlas of Ancient Maya Sites*, el sistema de coordenadas utilizado y las unidades del mapa son las mismas, por lo que no será necesario hacer transformación alguna. En el caso de que el dato haya sido obtenido por lectura directa de una unidad GPS, es necesario corroborar que el sistema de coordenadas y las unidades en que está operando la unidad (llamado Datum de la representación) sea homogéneo respecto del resto de la información utilizada en el proceso.

Previamente a la obtención de la cuenca visual observable desde el emplazamiento estudiado es necesario realizar una última transformación en el sistema de unidades de los archivos involucrados en el proceso. En las operaciones de cálculo de la cuenca visual, es necesario definir la altura en metros respecto del relieve desde la cual se produce la observación. Será pues necesario transformar las unidades de los archivos de los datos de entrada a un sistema de referencia cuyas unidades sean metros en lugar de grados sexagesimales. Esta transformación no afecta tanto a los valores de los datos utilizados, como al modo en que se proyectan para configurar una representación gráfica. Se trata de utilizar un sistema de proyección cuyas unidades sean metros. El sistema de proyección utilizado será el llamado Proyección Universal Transversa de Mercator para la zona 16N, correspondiente a Centroamérica (UTM_Zone16N). Dado que con frecuencia los elementos arquitectónicos desde los que se produce la observación se encuentran en forma de montículos, la altura medible en la actualidad, puede no corresponder a la altura con que se proyectó por tanto, se utiliza un rango de alturas variable desde los 2 hasta los 15 metros de altura, aunque en sitios como Calakmul y Tikal, se conocen edificaciones que pueden superar los 50 metros de altura sobre el terreno. Desde luego, estas alturas se han seleccionado a efectos de realizar una primera aproximación al sitio, sin embargo, para ampliar el análisis se deberán elegir las alturas que correspondan con los edificios existentes en cada caso y se podrán elegir las alturas con mayor precisión si se conocen las alturas de los niveles de piso de los edificios, normalmente provistos por los datos arqueológicos.

La definición de las cuencas visuales se ha realizado por la aplicación de un proceso llamado puntos de observador, que define sobre un ráster de entrada, los píxeles observables desde el punto definido y desde una altura concreta. El resultado del citado proceso es otra imagen ráster, de las mismas dimensiones que la imagen de entrada, donde los píxeles de la imagen original adquieren un valor '1' si son observables, y un valor '0' si no son observables. En el cálculo de visibilidad se establecen adicionalmente dos correcciones: Una primera corrección considera la curvatura de la tierra, a efectos de limitar la visibilidad al horizonte del lugar, y una segunda corrección restringe el campo visible en función de la refracción producida en las visuales al considerar la presencia de la atmósfera. En cualquier caso cabe destacar que los datos así obtenidos no consideran las variables de tipo meteorológico, y a tal efecto se debe considerar que las observaciones se producen siempre en atmósferas limpias y en ausencia de niebla o nubosidad.

Siguiendo el procedimiento anteriormente descrito, se han obtenido para cada emplazamiento seis imágenes ráster que representan la visibilidad del territorio circundante a una altura de 2, 5, 10, 15, 20 y 50 metros, y posteriormente se han sumado en una única imagen ráster a la que se le ha aplicado una escala de color que

⁴⁹Los archivos Geotiff utilizados en el proceso han sido descargados de <http://srtm.csi.cgiar.org/>



permite interpretar los resultados. La imagen así obtenida se ha exportado en formato .KMZ, que permite su visualización sobre Google Earth, definiendo así sobre el territorio las áreas observables desde cada emplazamiento en función de la cota de observación.

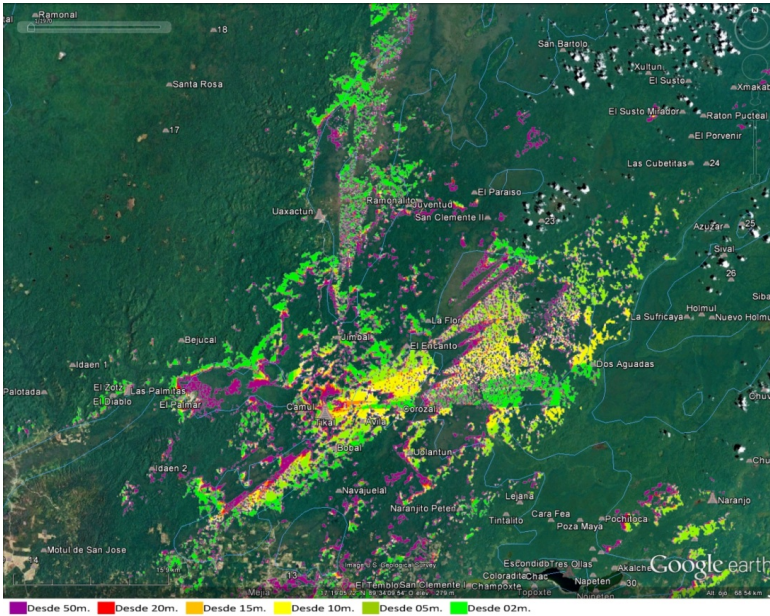


Fig 2. Cuenca de visibilidad desde el emplazamiento de Tikal, abierta desde la aplicación Google Earth con los sitios cercanos según el atlas arqueológico. Año 2012. Fuente: Elaboración propia.

Para obtener las imágenes panorámicas del horizonte del lugar a partir de la información de partida será necesario recuperar los datos correspondientes a las alturas del relieve del entorno estudiado, contenido en las imágenes ráster, y transformarlas en un archivo vectorial, interpretable por los programas de CAD. Dicho proceso de transformación pasa necesariamente por una delimitación mucho más concreta del entorno a estudiar, a efectos de incluir en el proceso solamente la información que resulte relevante. Utilizando como base la imagen de la cuenca de visibilidad del emplazamiento, se puede recortar el archivo que representa el relieve, capturando exclusivamente el rectángulo que limita el área que contiene píxeles visibles. Este recorte de la imagen ráster de entrada es sometido a un proceso de triangulación, cuyo resultado es un archivo TIN, donde los valores de gris se han transformado en cotas, y los vértices de cada pixel se han transformado en nodos de una malla triangular. Los archivos de extensión TIN, pueden exportarse en formato DWG, o en formato 3DS, lo que permite su edición desde AutoCAD o desde 3DSMax. Al respecto de la definición de las trayectorias solares para cada emplazamiento, se ha modelado una bóveda celeste con las trayectorias solares correspondientes, que ha sido orientada en cada caso en función de la latitud de cada uno de los lugares estudiados.

La obtención de la imagen panorámica puede hacerse desde 3DSMax, importando la geometría correspondiente al relieve, y centrando la bóveda celeste en el lugar de observación. Obtenida una imagen panorámica de conjunto, dicha imagen puede ser exportada en coordenadas esféricas, donde las abscisas de la imagen representan el azimuth, mientras que las ordenadas representan la altura sobre el horizonte. La observación de la imagen obtenida permite detectar el relieve topográfico observable contra el horizonte, en el que quedan indicadas las direcciones de orto y ocaso solar en su variación anual.

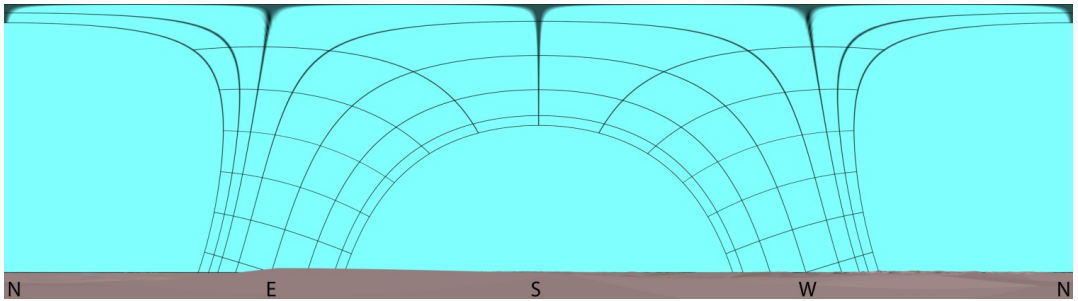
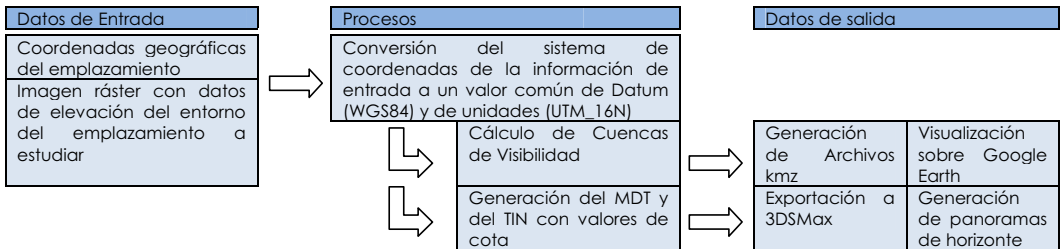


Fig 3. Imagen panorámica del horizonte desde el emplazamiento de Tikal. Año 2012. Fuente: Elaboración propia

El proceso completo descrito en el presente estudio, puede ser representado mediante el siguiente diagrama de flujo, con expresión de las fases de entrada de datos, proceso y salida de datos.



Una vez definido el procedimiento que permite la obtención de imágenes de cuenca de visibilidad y de panorámica de horizonte; éste se ha aplicado a los diez casos de estudio seleccionados. La simple observación de las imágenes obtenidas, provee de información interpretable en términos de inserción en el paisaje. En el caso de las cuencas de visibilidad, los píxeles coloreados informan de las áreas visibles desde el emplazamiento elegido en función de la altura de observación, mientras que las imágenes panorámicas de horizonte informan sobre la superposición de accidentes topográficos y trayectorias solares, revelando en ambos casos las características del emplazamiento elegido y su contextualización.

Si bien las imágenes panorámicas de horizonte permiten una lectura directa de las mismas, en el caso de las imágenes de cuenca de visibilidad, se propone un procedimiento complementario para su interpretación. Siendo que todos los emplazamientos presentan un campo de visibilidad distribuido en todas direcciones, se pretende cuantificar cuales de esas direcciones resultan predominantes respecto del territorio observado. A tal efecto, se ha dividido la imagen de la cuenca visual en cuatro cuadrantes centrados con los cuatro puntos cardinales y se ha procedido a un recuento automático de los píxeles contenidos en cada cuadrante. Del recuento realizado, y en función del número de píxeles total de cada imagen se ha otorgado a cada cuadrante una calificación comprendida entre el '0' y el '3', en función de que la densidad de píxeles que registra se pueda calificar de muy baja (0), Baja (1) media (2) o alta (3).

Del recuento de la densidad de píxeles coloreados sobre los cuadrantes definidos por las cuatro orientaciones cardinales, se obtiene la tabla siguiente, donde se muestran los datos obtenidos.

Emplazamiento	Dirección de Cuenca Visual Predominante				Máxima distancia observable	Emplazamientos Incluidos en su cuenca visual
	Norte	Sur	Este	Oeste		
Balakbal	1	2	2	2	31,52 Km.	10 emplazamientos
Balamkú	1	1	2	1	27,36 Km.	4 emplazamientos
Calabazal	2	1	0	3	36,90 Km.	22 emplazamientos
Calakmul	1	1	2	1	36,49 Km.	4 emplazamientos
Calzada Mopán	2	1	3	0	39,10 Km.	8 emplazamientos
Caracol	1	2	1	3	59,40 Km.	22 emplazamientos
Cenote	3	1	2	0	39,02 Km.	5 emplazamientos
Chan Chich	1	0	0	2	25,88 Km.	4 emplazamientos
Tikal	3	2	3	1	101,19 Km.	25 emplazamientos
Uaxactún	2	0	3	0	58,20 Km.	12 emplazamientos
Total sectores vis	17	10	18	12		



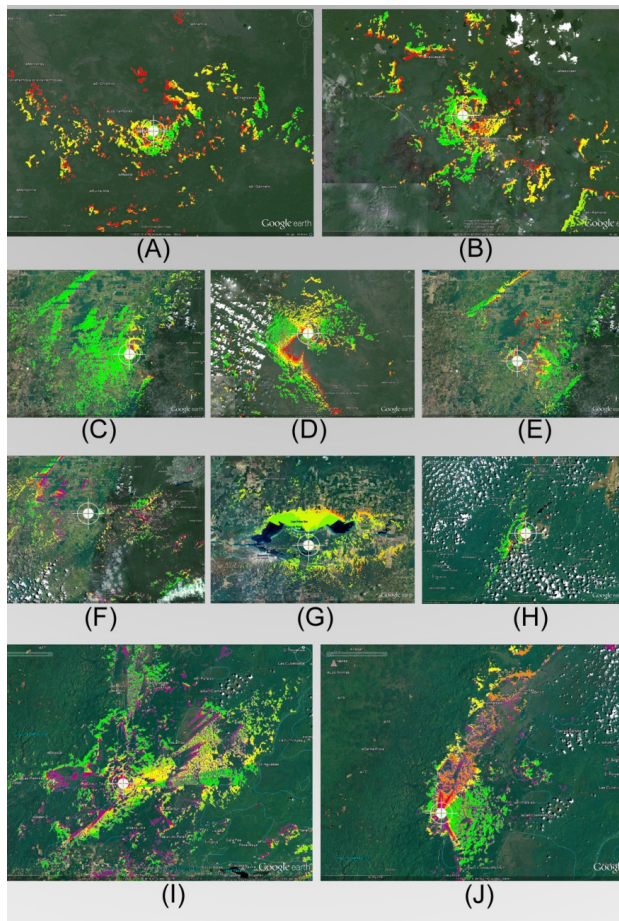


Fig 4. Cuencas visuales de los sitios estudiados: A)Balakbal, B)Balamkú, C)Calabazal, D)Calakmul, E)Calzada Mopán, F)Caracol, G)Cenote, H)Chan Chic, I)Tikal, J)Uaxactún Año 2012. Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

Tras la aplicación del procedimiento descrito anteriormente, que implica la obtención de las cuencas de visibilidad y las imágenes panorámicas del horizonte para los diez emplazamientos tratados en el presente estudio, cabe constatar la existencia de patrones comunes y redundancias, que sirven de conclusión al presente estudio:

-Aunque en general, todos los emplazamientos presentan cuencas de visibilidad orientadas a los cuatro puntos cardinales, el recuento de ocupación de los sectores de cada rumbo, se muestra como valor más frecuente la orientación hacia el Este, con un recuento de 18 sectores, seguida de la orientación Norte con 17 sectores. Los rumbos Sur y Oeste son los menos representados, con valores de 11 y 12 sectores respectivamente.

-En el análisis de las cuencas visuales para los sitios aquí estudiados se constata en general una apertura hacia las orientaciones Este y Norte. Ya que los sitios estudiados poseen al menos un conjunto arquitectónico de tipo Grupo E y con la información que proveen las representaciones gráficas del horizonte, se podría afirmar que es posible observar el horizonte este a distancias adecuadas que permitirían estudiar el desplazamiento anual del Sol, lo que reforzaría las hipótesis que asignan una función observacional a estos conjuntos arquitectónicos. No obstante, las cuencas visuales deberán considerarse complementarias de un estudio más amplio que incluya estudios arquitectónicos y urbanísticos detallados, así como mediciones precisas de las orientaciones arquitectónicas.

-Dado que algunos de los emplazamientos se disponen en las laderas noreste de las cadenas montañosas, esta circunstancia favorece la visibilidad hacia el Este y el Norte y la dificulta hacia el Sur y el Oeste. Además de la

probable intencionalidad en la elección del lugar, las direcciones predominantes de las cadenas montañosas en el Petén, Guatemala y en el Sureste de Campeche favorecen las cuencas visuales hacia el este de los sitios estudiados. Esta característica territorial podría estar relacionada con la construcción en mayor frecuencia de conjuntos de tipo Grupo E en el Petén Guatemala, aunque esta hipótesis solo podrá ser corroborada con estudios posteriores más amplios.

-En algunos casos pueden localizarse accidentes geográficos en el horizonte, que definen puntos vinculados con la salida del Sol hacia la orientación este, coincidentes con ciertas fechas que podrían estar relacionadas con periodos de relevancia calendárica como ya han propuesto Šprajc (2009) y Sánchez y Šprajc (2011). Esta circunstancia podría estar relacionada también con la elección intencional de los emplazamientos, sin embargo son necesarios estudios adicionales más amplios que corroboren esta hipótesis.

-El estudio de cada caso permite identificar patrones diferenciados: Como un caso especial se puede señalar la cuenca visual correspondiente a Tikal, la cual abarca un territorio amplio dentro del cual se encuentran otros sitios de menor rango. La menor cantidad de visuales hacia el oeste del sitio coincide con un aumento de altura en el terreno hacia el oeste y con la menor existencia de sitios hacia esa zona. No contamos con los datos suficientes para saber si estos tres factores están relacionados circunstancialmente o si se trata de una planificación territorial en torno al sitio más importante del área como lo es Tikal, de cara a controlar visualmente los sitios de la zona como se ha sugerido en estudios anteriores para los sitios de Petén (Quintana 2008:70-74), pero los datos aquí obtenidos merecen ser tomados en cuenta en estudios territoriales futuros.

En el caso correspondiente a las cuencas visuales de Calabazal y Chan Chich se puede apreciar que se abren hacia el oeste, lo que podría justificarse en el primer caso como el establecimiento de una comunicación visual con otros sitios cercanos tales como Calzada Mopan, Ucanal, La Amapola y La Blanca entre otros y en el segundo caso siendo un sitio menor (de rango IV), la comunicación visual al oeste con sitios cercanos es casi nula además de que el complejo arquitectónico que ciertos autores identifican como de tipo Grupo E, en realidad es un conjunto constituido por una plataforma alargada al este con dos montículos y al oeste con otra plataforma alargada en vez de la pirámide radial característica de la tipología Grupo E.

-El procedimiento propuesto para la obtención de cuencas de visibilidad, y la posibilidad de convertir los datos de salida del proceso a formatos de datos compatibles con un Sistema de Información Geográfica abierto, como lo es *Google Earth*, facilita y favorece el intercambio de información entre el colectivo de estudiosos de la Cultura Maya.

p.s. agradecimientos:

Los autores agradecen al Instituto de Restauración del Patrimonio de la UPV, en especial a Gaspar Muñoz Cosme y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México las facilidades, instalaciones y el equipo dispuesto para la realización de esta investigación.

Referencias bibliográficas

- Aveni, A.F., Dowd, A.S. y Vining, B., 2003. Maya Calendar Reform? Evidence from Orientations of Specialized Architectural Assemblages. *Latin American Antiquity*, 14(2).
- Blom, F., 1926. El observatorio más antiguo del continente americano. *Anales de la Sociedad de Geografía e Historia de Guatemala*, 2(3), pp.335-338.
- Jarvis A., H.I. Reuter, A. Nelson, E. Guevara, 2008. Hole-filled seamless SRTM data V4, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), recuperado 17 febrero 2012 a partir de <http://srtm.csi.cgiar.org>.
- INEGI, 2011. ¿Qué es un Modelo Digital de Elevación (MDE)? Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/queesMDE.aspx> [Accedido mayo 27, 2012].
- Laporte, J.P., 1998. Una perspectiva del desarrollo cultural prehispánico en el Sureste de Petén, Guatemala. En Andrés Ciudad Ruiz et al., eds. *Anatomía de una civilización: aproximaciones interdisciplinarias a la cultura maya*. España: Sociedad Española de Estudios Mayas, pp. 131-160.
- Laporte, J.P., 2000. Dispersión y Estructura de las Ciudades del Sureste de Petén, Guatemala. En Andrés Ciudad Ruiz, María Josefa Iglesias Ponce de León, y María del Carmen Martínez Martínez, eds. *Reconstruyendo la ciudad maya: el urbanismo en las sociedades antiguas*. Madrid: Sociedad Española de Estudios Mayas, pp. 137-161.
- Muñoz Cosme, G., 2006. *Introducción a la arquitectura Maya*, Valencia: General de ediciones de arquitectura.
- Quintana, O., 2008. *La composición arquitectónica y la conservación de las edificaciones monumentales mayas del noreste de Petén*. Tesis doctoral. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Quintana, O. y Wurster, W., 2001. *Ciudades mayas del noreste del Petén, Guatemala: un estudio urbanístico comparativo*, Bonn: Verlag Philipp von Zabern.
- Richards-Rissetto, H. y van der Elst, J., 2007. Exploring Social Dynamics at the Ancient Site of Copan, Honduras. En *Proceedings of the 27th Annual Esri International User Conference (versión online)*. Redlands, CA: Esri. Disponible: http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc07/papers/papers/pap_1475.pdf [Accedido marzo 18, 2012].
- Ricketson, O., 2006. Report of O.G. Ricketson jr. on the Uuaxactun Project. En J. M. Weeks y J. A. Hill, eds. *The Carnegie Maya. The Carnegie Institution of Washington Maya Research Program, 1913-1957*. USA: University Press of Colorado, pp. 486-491.
- Ruppert, K., 1962. A Special Assemblage of Maya Structures. En C. L. Hay et al., eds. *The Maya and their neighbors*. USA: University of Utah Press, pp. 222-231.
- Sánchez Nava, P.F. y Šprajc, I., 2011. *Propiedades astronómicas de la arquitectura y el urbanismo en Mesoamérica: Informe de la temporada 2010*, México, D.F.: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Centro de Investigaciones Científicas de la Academia Eslovena de Ciencias y Artes, Ljubljana.



- Šprajc, I., 2009. Astronomical and Cosmological Aspects of Maya Architecture and Urbanism. En José Alberto Rubiño-Martin et al., eds. *Cosmology across cultures, Conference Series 409*. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, pp. 303-314.
- Vogrin, A., 1979. The Astronomical Orientation of Stela 1 at Copan. *Archaeoastronomy*, II(4), pp.10-11.
- Witschey, W.R.T. y Brown, C.T., 2010. The Electronic Atlas of Ancient Maya Sites. *The Electronic Atlas of Ancient Maya Sites*. Disponible en: <http://mayagis.smv.org/papers.htm> [Accedido enero 9, 2012].

ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA GRANADINA

Lorena IÁÑEZ COSTELA
Juan Carlos RODRÍGUEZ COBO

Universidad de Granada
E.T.S. Ingeniería de Edificación
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería

Abstract

This work began as an educational experience, as an approach to contemporary architecture of Granada, the great future that gives us and their strong desire to continue enriching. The result is an interactive presentation, organized in a practical and intuitive, offering the possibility of being extended and that includes both architectural works undertaken in recent years, as projects to be determined. In short, we try to bring everyone who wants the charm of our land and the spirit of being known through its architectural heritage.

Key words: Granada; Contemporary architecture of Granada; 21st century; Interactive presentation; Database.

Resumen

Granada, una ciudad cuyo pasado se hace presente, que enamora con su enorme legado, pero que a su vez, desprende deseo de evolución, de crecimiento. Un triángulo (pasado, presente y futuro) que caminan de la mano, indivisibles, con una relación de respeto y de privilegiada convivencia. Granada se presenta como una mina de posibilidades que espera a aquel que desee extraer de ella nuevas oportunidades.

Este trabajo nace con el fin de dar a conocer el amplio abanico opciones que ofrece la ciudad en el campo de la Edificación y Obra Civil. Una exposición y un análisis de lo se ha hecho y cómo, y lo más importante, de lo mucho que se puede llegar a hacer.

Una ciudad es bella cuando refleja el alma de sus habitantes.

Palabras clave: Granada; Arquitectura contemporánea granadina; S. XXI; Presentación interactiva; Base de datos.



Fig 1. Vista aérea de la sede de Caja Granada. 2010. Flickr

Introducción

Todo trabajo tiene como origen una idea. Ahí reside una de las peculiaridades del presente trabajo. El génesis lo encontramos en la realización de las prácticas fin de carrera. Junto con mi tutor, Juan Carlos, creímos interesante recopilar información sobre las últimas obras arquitectónicas más significativas llevadas a cabo en



Granada. Una primera aproximación nos hizo comprender que habíamos abierto la puerta a un campo de posibilidades demasiado amplio para ponerle coto, y que la idea original evolucionaba inevitablemente.

Tratándose de una ciudad como Granada, el cruce de caminos entre pasado, presente y futuro se hace más que patente, por lo que el presente trabajo puede considerarse germen de otros ya iniciados, centrados en cómo el futuro arquitectónico de la ciudad cuida y se apoya en el pasado a través de la restauración de edificios.

Objetivos

El objetivo que nos marcamos una vez decidido el rumbo original fue el de recopilar la máxima información posible de una lista de edificios marcada, con el fin de que dicha información pudiera ser utilizada como una muestra del desarrollo arquitectónico que ha experimentado Granada en los últimos años. La primera recopilación de resultados nos hizo comprender que eran muchas más las obras que merecían incluirse en la base de datos, por lo que gracias a la comunicación constante con el tutor, el trabajo experimentó una evolución constante.

La realización de las prácticas fin de carrera fue desarrollándose mediante un trabajo consensuado y numerosas puestas en común, el resultado fue una presentación interactiva que cumplía el objetivo de crear una base de datos intuitiva, práctica y útil, al alcance de cualquiera que desee conocer más sobre el patrimonio arquitectónico de Granada; una base de datos que puede ser permanentemente ampliada y enriquecida, como de hecho seguimos haciendo, pues a raíz de este trabajo creímos necesario ampliar la toma de datos al campo de la restauración de edificios, ya que se trata de una mina de oportunidades corto a largo plazo.

Contenido

El contenido de la base de datos fue actualizándose tras cada tutoría. Con el fin de clasificar la información que iba obteniéndose vimos conveniente organizar cada obra en tres subcapítulos: "Documentación", "Obra" e "Imágenes del Edificio". En "Documentación" encontramos toda aquella información gráfica de la obra en cuestión (planos, artículos de revistas, datos de ejecución...). En "Obra" se incluyen todas las imágenes y demás documentos que hacen referencia al proceso de ejecución de la obra (desde imágenes previas a la actuación, pasando por las distintas fases de ejecución de la obra previas a su terminación). Finalmente, en "Imágenes del Edificio" se encuentra una recopilación de fotografías y composiciones del edificio u obra en cuestión ya terminadas, muchas de ellas realizadas por fotógrafos especializados, y otras recogidas de aficionados a la fotografía que se vieron inspirados por la obra arquitectónica. En definitiva, podemos conocer cada elemento de la base de datos de forma más que notable y progresivamente según su proceso de ejecución.

- 1ª ENTREGA
 - AMPLIACION MUSEO BBAA.antonio jiménez torrecillas
 - AMPLIACION PARQUE DE LAS CIENCIAS.ferrater y jimenez brasa
 - documentacion
 - imágenes edificio
 - obras
 - CAJA GRANADA.alberto campo baeza
 - CAMARA COMERCIO.jimenez brasa
 - CASA CON HUERTO DE CEREZOS.juan domingo santos.cájar
 - CASA EN LADERA OTURA-ARNAU.juan domingo santos
 - CASA EN VEGA.eduardo martin martin
 - CENTRO JOSE GUERRERO.antonio jimenez torrecillas
 - CENTRODEDESARROLLOFARMACEUTICOALIMENTARIO.ramón fernández
 - CONFEDERACION EMPRESARIOS.alejandro muñoz miranda
 - DUPLEX CAMPO PRÍNCIPE.ramón fernández-alonso borrajo
 - EDIFICIO BIC.rafael soler márquez y francisco martinez manso
 - EDIFICIO ZAIDA Y CASA PATIO.alvaro siza vieira,juan domingo santos
 - ESCUELA INTERNACIONAL DE GERENCIA.jiménez brasa
 - ESCUELA MAGISTERIO.ramón fernández-alonso borrajo
 - GRAN VÍA.alejandro muñoz miranda
 - MUSEO DE LA MEMORIA DE ANDALUCÍA.alberto campo baeza
 - MUSEO DEL AGUA.juan domingo santos
 - SINDICATOS.alejandro muñoz miranda

Fig 2. Organización de la base de datos original. 2011. Arquitectura Contemporánea Granadina.

Las obras seleccionadas en un principio fueron ampliándose, cribándose en posteriores reuniones, hasta establecerse una base definitiva sobre la cual crearíamos la presentación interactiva final.

El contenido de dicha presentación interactiva es fácilmente manejable gracias a la clasificación llevada a cabo, resultando intuitivo el desplazarse por las distintas secciones de la misma. Es un trabajo que no va enfocado a un colectivo concreto, sino que busca darse a conocer al mayor número de personas posibles, ofreciendo la posibilidad de ser asequible a todo aquel que desee explorar su contenido. Por tanto, era vital lograr hacer patente la simplicidad de la interactividad.



Fig 3. Portada presentación interactiva. 2011. Arquitectura Contemporánea Granadina.

Al inicio de la presentación, podemos observar de fondo una imagen que ha sido deliberadamente seleccionada por representar claramente la esencia del trabajo. En dicha imagen podemos observar tres obras arquitectónicas contemporáneas: la sede de Caja Granada y el Museo de la Memoria de Andalucía (Alberto Campo Baeza) y la ampliación y reforma del Parque de las Ciencias (Ferrater y Jiménez-Brasa). El punto de vista desde el que está tomada la instantánea nos permite también tener como fondo otro de los elementos singulares que posee Granada, Sierra Nevada).

Ya desde el inicio de la presentación, da comienzo un audio que se coordina con una secuencia de imágenes a modo de avance de las obras expuestas y que ayuda a sumergirnos en la esencia de la presentación hasta que decidamos finalizar la exploración del trabajo.

Tras una breve introducción en la que se explica a la persona que se adentra en la presentación qué podrá encontrar en ella, nos encontramos con el Índice, que nos sirve de meta para elegir los distintos caminos por los que podemos consultar la información.



Fig 4. Índice presentación interactiva. 2011. Arquitectura Contemporánea Granadina

El índice queda dividido en tres bloques principales: "Autor/es", "Tipología" y "Localización", los cuales se van desglosando según corresponda. También desde esta pantalla se puede concluir la presentación gracias a los botones interactivos, logrando dar un dinamismo constante sea cual sea la pantalla en la que nos encontremos. A esta pantalla será a la que seremos reconducidos siempre que pulsemos sobre el icono "Inicio". La categoría "Autor/es" queda dividida en dos páginas, estando los arquitectos y arquitectas ordenadas según el reconocimiento no solo a nivel local, sino nacional e internacional. En el apartado "Tipología" podemos consultar las obras según el uso al que estén destinadas y finalmente, en "Localización" accedemos a las obras que se encuentran ubicadas en las distintas localidades marcadas en el mapa de Granada.





Fig 5. Secciones principales presentación interactiva. 2011. Arquitectura Contemporánea Granadina

Una vez seleccionado un autor, localización o tipología, la presentación pasa a mostrarnos una nueva pantalla con las obras arquitectónicas que pertenecen a la clasificación elegida. En cada una de ellas encontraremos como mínimo el icono de "Inicio" más el icono de la categoría principal a la que pertenece esa pantalla, permitiéndonos en todo momento tomar un nuevo rumbo en la navegación.

222



Fig 6. Localización: Granada, presentación interactiva. 2011. Arquitectura Contemporánea Granadina



Fig 7. Autor: Alejandro Muñoz Miranda, presentación interactiva. 2011. Arquitectura Contemporánea Granadina



Fig 8. Edificio Zaida y Casa Patio, presentación interactiva. 2011. Arquitectura Contemporánea Granadina

Conclusiones

Como conclusión, una cita del que fuera alcalde de Granada, catedrático de Historia del Arte en la Universidad de Granada durante la primera mitad del s. XX y autor entre otras de la obra "Guía de Granada", Antonio Gallego Burín, que plasmó que "Si Granada no fuese lo que hoy es, (tan solo en parte) nadie vendría a visitarla; pero tampoco y como algunos piensan, es posible aceptar que una ciudad desarrolle íntegramente su vida y desenvuelva sus actividades presentes, entre piedras de historia. Ni la manía innovadora de hace unos años que sembró a Granada de cemento sin criterio artístico alguno, deshaciendo al buen tum-tum cuanto hallaba a su paso, ni la Granada arqueológica en la que algunos sueñan, queriendo que en ella petrifiquemos el espíritu. Ni arqueología, ni locura. Una Granada abierta a su paisaje, ligera de construcciones en su periferia, moderna, nueva y viva, en su zona actual y cargada de pasado en lo que todavía, es voz primera de su vida. Una ciudad llena de equilibrio, en la que el ayer, no agobie al presente ni dificulte el avance del mañana". Son palabras del siglo pasado, pero que el enorme patrimonio del que afortunadamente Granada goza, las hace más que presentes. Y son a su vez, esencia del presente trabajo y de nuevos que se llevan actualmente a cabo. Aquí exponemos como el presente y el futuro caminan hombro a hombro con el pasado, inspirándose, respetándose y enriqueciéndose mutuamente.



Referencias bibliográficas

Fernando Alda, 1987, *Fernando Alda Arquitectura*, Fernando Alda, visitada de octubre de 2011 a febrero de 2012, <<http://www.fernandoalda.com/index.php?Opc=100&Lng=1>>.

Europaconcorsi, 2012, *Servizi per l'architettura in Europa en el Mond*, Europaconcorsi Ltd., visitada de octubre de 2011 a marzo de 2012, <<http://europaconcorsi.com/>>.

Juan de Dios Jerónimo, Enero/Febrero 2008, 'Palacio de Carlos V: La Alhambra ya tiene un gran museo', *Volúmenes*, no 36, pp. 20-25.

Jaime Vergara Muñoz, Julio/Agosto 2008, 'Antonio Jiménez Torrecillas', *Volúmenes*, no 39, pp. 20-29.

Jaime Vergara Muñoz, Noviembre/Diciembre 2008, 'Eduardo Jiménez y Yolanda Brasa. Pensamiento, diseño y construcción', *Volúmenes*, no 41, pp. 10-21.

Jaime Vergara Muñoz, Septiembre/Octubre 2008, 'Alberto Campo Baeza: La sencillez de lo extraordinario', *Volúmenes*, no 40, pp. 10-18.

Juan de Dios Jerónimo, Septiembre/Octubre 2006, 'Granada, Escaparate de la nueva arquitectura', *Volúmenes*, no 28, pp. 10-14.

Jaime Vergara Muñoz, Mayo/Junio 2008, 'Ramón Fernández-Alonso: el arte de hacer real lo posible', *Volúmenes*, no 38, pp. 32-37.

EL Croquis, 2000, 'ÁLVARO SIZA', *El Croquis*, no 68/69+95, pp. 2-404.

Jaime Vergara Muñoz, Marzo/Abril 2008, 'Muñoz Miranda: Talento, juventud y nuevos aires en la creación arquitectónica granadina', *Volúmenes*, no 37, pp. 32-37.

URB A RAMA, 2012, *Urb A Rama, Atlas of Architecture*, Urb A Rama, visitada de enero a marzo de 2012, <<http://en.urbarama.com/>>.

Antonio Gallego Burín, Agosto 1932, 'El Informe de 1932', *Cuad. Art. Gr.*, 27, 1996, 217-227.

LA DOCUMENTACIÓN GRÁFICA DE LOS PROYECTOS DE LOS INSTITUTOS LABORALES DE RAFAEL ABURTO RENOBALES EN ELCHE Y ORIHUELA

Ricardo IRLES PARREÑO
Raquel PÉREZ DEL HOYO

Universidad de Alicante
Departamento de Expresión Gráfica y Cartografía

Abstract text

At the beginning of the decade of the fifties, after signing the friendship treaty between Spain and the United States, there is international recognition of the Franco regime, a moment that marks the end of the period of autarky and the beginning of a market economy lead to the developmental period of the sixties. One of the first consequences of this new framework is the entry of Spain to UNESCO and later at the UN. It is in this economic context that can be activated in different school building plans to the Franco regime sought to promote from even before the end of civil war and that until then had not moved from paper.

The first school achievements of the regime can be considered a result of a plan, not scattered and isolated actions are the Labour Institutes, schools that should be on one side to a Spanish population still largely agrarian and secondly prepare the industrial workforce for the times to come. The first construction plans were launched at the end of the decade of the forties powered by OPUS DEI founding member and Secretary General José María Albareda CSIC who commissioned the first centers to his friend and fellow member of OPUS DEI Miguel Fisac. The generalization of the same all over the country came in 1953 after the Labour Institutes Competition organized by the Falangist Carlos Rodríguez de Valcarcel, Director General of Labor Education. The organizers were advised by the same Miguel Fisac and the Swiss architect William Dunkel, a specialist in school architecture was part of the jury. The contest was a success and participation among the winners were Carlos de Miguel and Mariano Rodríguez Avial, José Antonio Corrales, the team with Gili Orol Bohigas, Martorell Basso and Miguel Fisac, Emilio Larrodera, Francisco Rafael Echenique and Aburto.

Many of the winners were commissioned to carry out the projects for construction. This is the case of Rafael Aburto received orders from Labour Institutes of Elche and Orihuela, the first for industrial mode and the second agricultural

The archives of the Office of Works of the City of Elche and the General Archive of the University of Navarra keeping the personal archive of Rafael Aburto, have documented extensively the draft Elche and Orihuela lesser extent. The study of the documentation and especially the plans for the project, have shown excellent graphic work beyond the purely projective. Of particular note the graphical construction drawings and installations with multiple approaches and partial views always accompanied by numerous legends. Particularly striking is the organization of the different views in the planes away from rigid approaches. The views, only dihedral, twist, accommodate and even overlap each other with evident didactic intention. The presence of funds (drawing textures of walls and floors) is almost constant and transmits a will explaining the project organization. As regards the graphical realization formal solutions of plans, elevations and sections, plans and solutions refer to images that Miguel Fisac had begun in his first Institutes and other proposals can be seen in the same contest and Labour Institutes s in other contexts of schools disclosed Architecture magazine in the mid-fifties.

The magnificent graphic realization of the project documentation architect speak of a profound knowledge of his craft that the shortage of post-war Spain and from the same tradition strives to renew its formal language and design activities, such as the use of new construction materials. The graphic language used on these projects becomes the best testimony to this positioning.

Keywords: Rafael Aburto, Elche, Graphic material, Labour Institute. school architecture

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Aunque Rafael Aburto no puede ser considerado un arquitecto escolar, los proyectos que realiza de los Institutos Laborales de Elche y Orihuela a final de la década de los cincuenta, son testimonio gráfico de un posicionamiento renovador de la arquitectura española de aquellos años desde la tradición. El trabajo tiene por objeto rescatar del olvido y poner en valor el material gráfico de dichos proyectos como contribución a la formación de una historia propia del dibujo arquitectónico.

La construcción de Institutos Laborales en la posguerra española es un hito destacado y pionero de la arquitectura escolar del régimen de Franco. El trabajo se inicia con el concurso convocado por la Dirección General de Enseñanza Laboral donde junto con Aburto participan otros arquitectos titulados antes y después de



la guerra civil que acabarían teniendo un papel destacado en la arquitectura española del final del siglo XX. Se aborda a continuación el proyecto y la obra construida del Instituto laboral de Elche para repasar finalmente la documentación gráfica de ambos proyectos.

ANTECEDENTES: EL CONCURSO DE INSTITUTOS LABORALES DE 1954

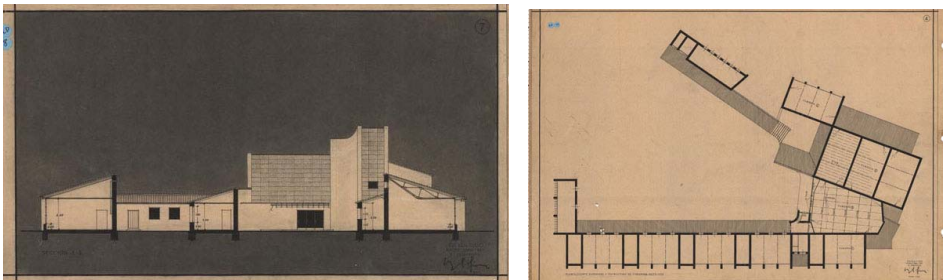
Fueron las enseñanzas medias las primeras en ser reguladas tras el alzamiento de Franco. En septiembre de 1938, antes de la finalización de la guerra civil, se promulgó la Ley de Reforma de la Enseñanza Media siendo Ministro de Educación Nacional Pedro Sainz Rodríguez que había accedido al Ministerio el 1 de febrero de 1938 y cuya estancia en el mismo fue breve. Su acción se centró en el desmontaje de la obra republicana y en sentar las bases del nuevo modelo educativo que implicó la restauración de las órdenes religiosas. La reforma de 1938 estaba basada en la ideologización y la confesionalidad, como características principales. La Ley mostraba explícitamente el carácter profundamente clasista y elitista que tendría el bachillerato⁵⁰. El mismo preámbulo de la Ley se refiere a la misma como:

"el instrumento más eficaz para, rápidamente, influir en la transformación de una sociedad y en la formación intelectual y moral de sus futuras clases directoras".

Las enseñanzas medias volvieron a ser abordadas por la Ley de Bases de Enseñanza Media y Profesional⁵¹ de 16 de julio de 1949. Esta ley apostaba por un nuevo Bachillerato Elemental que incorporase aspectos formativos y también profesionales. A diferencia del Bachillerato Universitario, sus destinatarios ahora eran principalmente, no las clases medias, sino las clases productoras. El nuevo Bachillerato rompía el tipo único y la duración única, incorporaba las modalidades técnicas para poblaciones agrícolas, industriales y marítimas. Este Bachillerato Laboral nunca tuvo el prestigio ni el éxito del Bachillerato Universitario.

Al inicio de la década de los años cincuenta, tras la firma del tratado de amistad entre España y Estados Unidos, se produjo el reconocimiento internacional del régimen de Franco, momento que supuso el final del periodo autárquico y el inicio de una economía de mercado que conduciría al periodo desarrollista de la década de los sesenta. Una de las primeras consecuencias de ese nuevo marco es el ingreso de España en la UNESCO y posteriormente en la ONU. Es en ese contexto socioeconómico que se pusieron en marcha los distintos planes de construcciones escolares que el régimen de Franco pretendía impulsar desde incluso antes de la finalización de la guerra civil y que hasta ese momento no habían pasado del papel. Las primeras realizaciones escolares del régimen que pueden considerarse resultado de un plan, no actuaciones aisladas y dispersas, son los Institutos Laborales, centros de enseñanza que deberían formar por un lado a una población española todavía mayoritariamente agraria en la que había que dar a los hijos de los campesinos una formación intelectual básica que complementara los conocimientos especializados de la agricultura o la industria.

Los primeros institutos nacieron de la iniciativa personal de José María Albareda, miembro fundador del Opus Dei y Secretario General del CSIC, quién encargó a su amigo Miguel Fisac algunos prototipos. El Instituto Laboral de Daimiel, iniciado en 1951, representó para Fisac "la práctica de una arquitectura novedosa para el momento español, horizontal, carente de monumentalidad, atenta a lo vernáculo como un interesante vehículo de expresión plástica"⁵². Al Instituto de Daimiel (Fig. 1 y 2) le siguieron el de Almendralejo y el de Hellín, ambos de 1952 y por el conjunto de estas obras, cabe atribuir a Fisac el mérito de abrir una línea en el campo de las construcciones escolares que aportaba una concepción moderna de los espacios que tuvo continuidad en lo sucesivo.



Figs. 1 y 2. Alzados seccionados y planta del Instituto laboral de Daimiel. Miguel Fisac, 1951-1953. Fuente Fundación M. Fisac

50 CÁMARA VILLAR, Gregorio. Nacional-Catolicismo y Escuela. La Socialización Política del Franquismo (1936-1951). Editorial Hesperia S.L. Madrid, 1984. Op. cit. 91.

51 BOE 17/07/1949.

52 BURGOS RUIZ, F. Op. cit. p. 122.

Hasta 1954 se habían construido en España 70 Institutos Laborales en base a dos planes de construcción de Institutos Escolares de los años 1949 y 1952. Todos estos centros construidos en este primer periodo sirvieron de banco de pruebas para la convocatoria del Concurso⁵³, convocado en septiembre de 1953 y resuelto al año siguiente, preparatorio del nuevo plan⁵⁴ previsto para el bienio 1955-1956 que preveía construir 50 nuevos Institutos Laborales. El falangista Carlos Rodríguez de Valcárcel, Director General de Enseñanza Laboral, fue el impulsor del Concurso⁵⁵ y atribuyó su iniciativa al mismísimo Jefe del Estado. Justificaba Rodríguez de Valcárcel la organización del Concurso en la necesidad de garantizar una adjudicación honesta y objetiva a la vez que evitar las recomendaciones. Fisac organizador del concurso y participante a la vez, invitó a su amigo, el arquitecto suizo William Dunkel, especialista en arquitectura escolar, a formar parte del jurado para participar como asesor en el Concurso. Cabe entender esta invitación como una de las primeras consecuencias de la apertura de España al exterior tras la incorporación de España a la UNESCO ese mismo año.

Los datos de partida del Concurso establecían 12 puntos, alguno de los cuales se revelan inspirados en los primeros Institutos de Fisac: "4. Primordial importancia a la disposición orgánico-funcional del programa" y "5. Estética definida por esa disposición y medios técnicos y constructivos más adecuados". Entre los criterios de selección del Jurado se incluían también, entre otras, dos cuestiones que nos remiten a un rechazo claro de planteamientos monumentalistas y jerarquizados: "1º. Dar primordial importancia de la disposición orgánico funcional del programa, de modo que los diferentes núcleos fundamentales de que consta el Centro tenga la forma, dimensión, orientación y emplazamiento más adecuados, según la función que deben cumplir" y "4º. La solución arquitectónica del problema, de modo que la adoptada imprima al conjunto los rasgos estéticos más característicos del Instituto Laboral"⁵⁶.

Se amplió en dos ocasiones el plazo de entrega de las propuestas para dar cabida al enorme interés que el Concurso había suscitado. Finalmente se presentaron 38 trabajos al Concurso y como resultado del mismo buena parte de los participantes recibieron encargos. El primer premio recayó en Carlos de Miguel y Mariano Rodríguez Avial, el segundo premio en José Antonio Corrales (Fig. 3) y el equipo de Orol Bohigas con Gilli, Bassó y Martorell obtuvo el tercer premio. Recibieron un accésit entre otros Miguel Fisac, Emilio Larrodera, Francisco Echenique y Rafael Aburto.

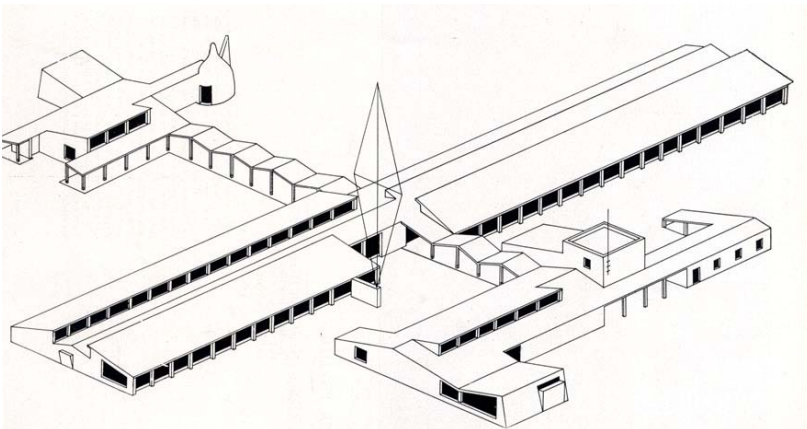


Fig. 3. Isometría del segundo premio del Concurso de Institutos laborales. José A. Corrales, arquitecto, 1954. Fuente RNA 153

Los proyectos premiados ponían de relieve cierto conocimiento de las doctrinas de la arquitectura escolar: La orientación como factor determinante en la ordenación general, la horizontalidad de las soluciones (eran edificios predominantemente de planta baja pues debían albergar maquinaria), así como el cuidado diseño de las secciones para posibilitar una iluminación bilateral y ventilación cruzada⁵⁷. Todo ello hace que las propuestas concedan una atención especial a la cubierta que tal y como señala Jordá se había convertido en un campo de experimentación donde se podían introducir ciertas innovaciones estructurales⁵⁸. Los esquemas tipológicos propuestos oscilaban entre tipos más compactos y menos rupturistas en el lenguaje como el de Carlos de Miguel y Mariano Rodríguez Avial en el que las distintas áreas funcionales se disponían alrededor de un patio

⁵³ BOE nº 248 del 05/09/1953.

⁵⁴ BOE nº 231 del 19/08/1954.

⁵⁵ Sobre el Concurso de Institutos Laborales véase nº 153 de la *Revista Nacional de Arquitectura*, 1954.

⁵⁶ *Revista Nacional de Arquitectura* 153 (1954), pp. 1-3

⁵⁷ BURGOS RUIZ, F. Op. cit. p. 126.

⁵⁸ JORDÁ, Carmen. "Los equipamientos en España" en AA. VV. *Equipamientos I. Lugares públicos y nuevos programas, 1925-1965*. Registro DOCOMOMO Ibérico. Fundación Caja de Arquitectos, Barcelona 2010, p.13.



central a otros, como el de Corrales, en el que la independencia funcional de las áreas definidas en el programa se radicaliza aquí hasta convertir cada una de ellas en un proyecto autónomo que se conecta con las demás por medio de corredores abiertos⁵⁹. En todos los proyectos se hacen presentes las pistas deportivas, además del gimnasio y un recinto para Hogar del Frente de Juventudes, como evidente concesión al inspirador del Concurso, que sirven en algunos de los proyectos (como en el de Aburto) como elemento aglutinador. Desde un punto de vista formal, las propuestas también son acordes con la arquitectura que propugnan; se hace uso de las maquetas, las perspectivas y axonométricas y la rotulación de los proyectos es cuidada; se elaboran detalles constructivos cuidadosos y se presta atención a los luxes, frigorías y decibelios, ocupando estos temas el lugar que antes ocupaban las molduras y los frontones⁶⁰.

Tal y como señala Bergera, después del Concurso se pasó a los hechos y los ganadores así como buena parte de los que obtuvieron accésits recibieron encargos. Las propias bases del Concursos junto con la experiencia de los proyectos ganadores permitieron elaborar unas recomendaciones de diseño con las que empezar a construir. Carlos de Miguel y Mariano Rodríguez Avial recibieron el encargo del Instituto Laboral de La Carolinas y desarrollaron el anteproyecto con el que habían ganado el concurso; José Antonio Corrales construyó un centro en Alfaro (Logroño) aunque en este caso, el proyecto elaborado se hace más compacto en relación con el del Concurso; a Oriol Bohigas, Gili, Bassó y Martorell se les encargó el Instituto Laboral en Sabiñánigo (Huesca) y desarrollaron la propuesta del Concurso que es de una rotundidad formal considerable. Rafael Aburto, que había recibido un accésit en el Concurso, recibió varios encargos de Institutos, entre ellos el de Elche en 1955 y el de Orihuela.

El adecuado planteamiento del Concurso permitió que la línea abierta por Fisac con sus primeros Institutos pudiera ser aprovechada y continuada por unos arquitectos, unos titulados antes de la guerra civil y otros con posterioridad, que pretendían dejar atrás el academicismo y el folclorismo oficial. En la propuesta de Carlos de Miguel y Mariano Rodríguez Avial se sintetizan así estas aspiraciones:

"Se intenta con este proyecto hacer unos edificios sencillos y poco lujosos que se pongan en la línea de modernidad que son norma de las arquitecturas de otros países más ricos que el nuestro, no por derroche de materiales, sino por el escrupuloso análisis de las ideas arquitectónicas que han de informar un proyecto arquitectónico de nuestros tiempos"⁶¹.

EL INSTITUTO LABORAL DE RAFAEL ABURTO RENOBLES DE ELCHE.

"Aburto no es un arquitecto de escuelas, del mismo modo que tampoco se le podía catalogar como un arquitecto de viviendas, a pesar de que ése fuera su cometido durante la mayor parte de su ejercicio profesional. Aburto se sirvió de la arquitectura docente para investigar y proponer, para avanzar en su camino personal en busca de lo que él entendía como una arquitectura coherente"⁶².

La vinculación de Rafael Aburto con los Institutos Laborales arranca de su participación en el concurso de Institutos Laborales de 1954 al que acabamos de referirnos. Con anterioridad al Concurso Aburto había tenido ocasión de conocer el Instituto Laboral de Daimiel de Miguel Fisac en la visita que hizo a la vuelta de Granada a Madrid tras asistir a las sesiones que dieron lugar al manifiesto de Granada en 1952. Viajaban con él, Carlos de Miguel, Cabrero y Fisac y los primeros pidieron a este último visitar el Instituto, solicitándole que además lo publicara en la Revista Nacional de Arquitectura para que así sirviera de orientación en el concurso de Institutos Laborales que estaba previsto convocar⁶³.

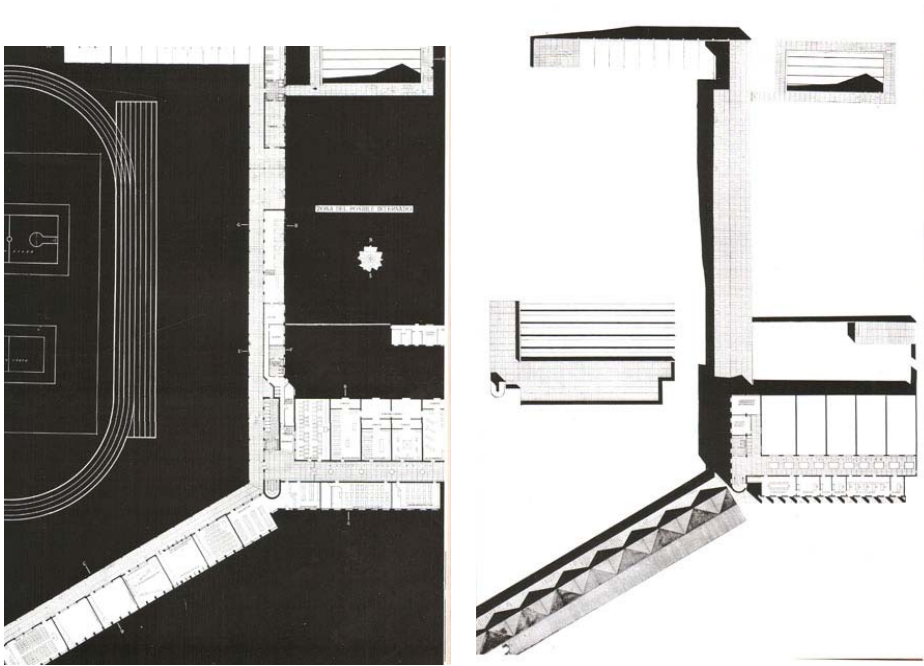
⁵⁹ BURGOS RUIZ, F. Op. cit. p. 126.

⁶⁰ BERGERA SERRANO, Iñaki. "Institutos Laborales: De la teoría a la práctica en Los años 50" en *La arquitectura española y su compromiso con la historia*. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Navarra. Pamplona, 2000, pp. 194-207.

⁶¹ *Revista Nacional de Arquitectura* 153 (1954), p. 9 cit. en BERGUERA SERRANO, I., p. 207.

⁶² BERGERA SERRANO, IÑAKI. *Rafael Aburto, arquitecto. La otra modernidad*. Fundación Caja de Arquitectos. Barcelona, 2005, pp.133-139

⁶³ *Ibidem*, p. 133.



Figs. 4 y 5. Planos de planta baja y primera de la propuesta de Rafael Aburto para el Concurso de institutos laborales, 1954. Fuente RNA 153

Rafael Aburto participó en el Concurso de Institutos Laborales con el lema *Tres Puntas* (Figs. 4 y 5) que remite a los tres brazos del conjunto. En su propuesta llama la atención la fuerte presencia de la pista de atletismo. Para Aburto se convierte en leitmotiv del proyecto pues pretende cuidar tanto el bajo techo como las instalaciones al aire libre. Con objeto de dotarla de presencia y para que no quedara como elemento marginal la rodea de dos largos módulos porticados que junto con el edificio principal situado en el encuentro de los dos brazos constituyen el conjunto. En la memoria señala que la solución estrellada permitirá fácilmente la ampliación. También se convierte en referencia de su propuesta el edificio principal que lo resuelve en dos plantas, con objeto de que desde esta segunda planta se pueda vigilar el trabajo de los alumnos. Este cuerpo cuenta con una escalera situada en la esquina cuyo volumen se marca al exterior⁶⁴. Exteriormente Aburto hace uso de un lenguaje de fuerte sabor racionalista con un tratamiento neutro de las superficies exteriores y sin ninguna referencia vernacular.

229

La obra:

Rafael Aburto recibió el encargo del Instituto laboral de Elche en 1955 (Figs.6 y 7), siendo el primer proyecto de 1956 y el definitivo de 1958. Las obras comenzaron en 1960 y duraron hasta 1963. Es un periodo de siete años en el que sucedieron todo tipo de avatares. El Ayuntamiento de Elche tenía el compromiso de sufragar la tercera parte del coste de la obra y dado el retraso acumulado para su inicio propuso en julio de 1957 a la Dirección General de Construcciones Laborales que se subastara la obra hasta el montante que correspondiera al Ayuntamiento. Por O.M. de 28 de octubre de 1957 se accedió a que el Ayuntamiento subastara y ejecutara a su cargo la parte del edificio que correspondiera al tercio del presupuesto. La primera fase abarcaría: la construcción de los Talleres y aseos generales, servicios y saneamiento, acometida de energía de luz y fuerza y finalmente la urbanización de los accesos por un presupuesto de 1.952.414,51 ptas. La segunda fase, abarcaría el resto, que ascendía a 4.657.779,83 ptas.

⁶⁴ Revista Nacional de Arquitectura 153 (1954), p. 37.





Fig.6. Vista aérea del Instituto laboral de Rafael Aburto en Elche. Primera mitad de la década de los sesenta. Fuente Bergera Serrano (2000)

Fig. 7. Detalle pasos cubiertos exteriores del I. L. de Rafael Aburto en Elche. Primera mitad de la década de los 60. Fuente Bergera Serrano (2000)

Se celebró una primera subasta de la primera fase el 13 de mayo de 1958 quedando desierta. La segunda, se adjudicó al único licitador, D. José María Martínez López. Se firmó el acta de replanteo el 28 de agosto de 1958, pero inmediatamente de adjudicada la obra la Corporación solicitó la modificación y ampliación del proyecto que afectó fundamentalmente a la segunda fase. El 12 de marzo se adjudicó la segunda fase de las obras a MARPI, Construcciones S.A. por 3.421.775,80 ptas. (suponía una baja del 22,626%). Se daba así la circunstancia de que sobre una misma obra iban a trabajar dos empresas puesto que aunque José Martínez López había firmado la recepción provisional el 9 de abril de 1960, debía subsanar distintas deficiencias. La segunda constructora acabó haciéndose cargo de subsanar las deficiencias de la primera fase así como de las modificaciones introducidas en la misma (cuyo coste debía satisfacer el Ayuntamiento). Con las obras en marcha se realizaron dos proyectos de reforma: uno en primer lugar para sustituir la Biblioteca y el Salón de Actos por un gran Salón de Actos y otro para modificar el tipo de forjado. Además, a lo largo del proceso se produjeron repetidos errores en los montantes de los tipos anunciados en las subastas. Este conjunto de circunstancias dio lugar a una falta de entendimiento entre la Dirección General de Construcciones Laborales y el Ayuntamiento sobre el cumplimiento de los compromisos económicos de cada una de las partes. En cualquier caso, la recepción provisional de las obras de la segunda fase se firmó el 3 de abril de 1963⁶⁵.

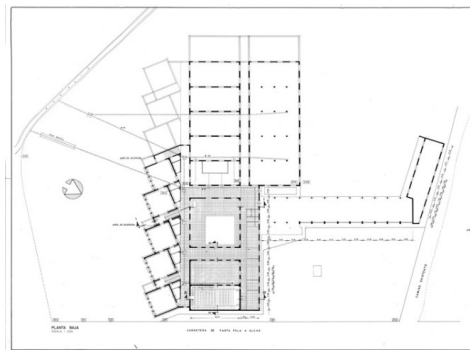


Fig.8. Plano de planta baja del proyecto inicial del Instituto laboral en Elche. Rafael Aburto, 1956. AGUN

Fig. 9. Plano de planta baja del proyecto modificado del Instituto laboral en Elche. Rafael Aburto, 1959. AGUN

El proyecto:

La memoria del proyecto se elabora posiblemente a partir de la memoria justificativa que Aburto había presentado al Concurso. Al igual que en el anteproyecto del Concurso, la organización del edificio se apoya en

65 Expediente Administrativo Instituto Laboral. AME, NO.

un criterio funcionalista de zonificación, separando la zona de silencio de la de ruidos. La segunda es la de los talleres y es la más interior dentro de la parcela. Más exterior se sitúa la zona de silencio con el acceso y los despachos mirando al Norte (paralelos al Camí del Gat) y la Biblioteca y el Aula de respeto con frente a la carretera de Santa Pola al Noreste. Entre ambas zonas, sensiblemente equilibradas se emplaza la nave de aseos generales de los alumnos, dando a los dos pasillos e inmediata a gimnasio y acceso exterior. Le preocupa la iluminación y ventilación de las aulas y laboratorios y es por eso que señala en la memoria

"si bien las ventanas se abren al S-E son relativamente pequeñas y no sirven fundamentalmente más que para abrir un horizonte a la vista, mientras los huecos que verdaderamente iluminan la estancia, se abren en el techo, tienen mayor superficie y están orientados al NE, por conciencia del clima caluroso"

66.

Al respecto señala Bergera que la decisión acaba por convertirse en un argumento formal del proyecto con el que se trata de buscar una quinta fachada caracterizada por una cubierta en dientes de sierra, resuelta mediante vigas Vierendel de hormigón, que se encargaría de iluminar los espacios interiores⁶⁷. Estructuralmente el edificio se resuelve por muro de fábrica de ladrillo de medio pie macizo de cerámica levantina de color pálido, casi blanco que se deja visto tanto al exterior como al interior. La fábrica se interrumpe en cada módulo de 4,15 mts. por las ventanas de 2 mts. de ancho. La cubierta está formada en su totalidad por dientes de sierra. Como base de apoyo a las formas y al mismo tiempo de atado de las mismas se proyecta una cadena de hormigón ligero armado. Los pies derechos usados en los porches son de sección circular con encofrado perdido de Uralita. El forjado de cubierta es de tipo Único de 8 cms. de grueso más 4 cms. de capa de compresión impermeabilizada con Watproof⁶⁸.

El proyecto (Figs. 8 y 9) de 1958 recoge las modificaciones que se habían planteado nada más adjudicarse la primera fase. El principal motivo es el aumento del número de aulas. Para ello Aburto resuelve las aulas en dos plantas disponiendo entre cada dos una escalera para cada dos columnas de aulas. Mediante esta solución evita duplicar los corredores en planta segunda. A su vez gira las aulas exactamente 67,5° que ha sido adoptado "después de nueva y detenida consideración de las horas de soleamiento, antes no necesario pues la iluminación era cenital y los ventanales de fachada por esa misma razón tenían dimensiones mucho más reducidas,...". Otro cambio que introduce, aunque finalmente no ejecutado, es la solución estructural para las cubiertas y forjados de las aulas de respeto y la biblioteca. Según la memoria⁶⁹ éstas se proyectan con bóveda de ladrillo de crucería de dos cañones de directriz circular con triple tablero de rasilla, que se apoyan y zunchan por medio de una espolera de hormigón armado llegando a cubrir una luz constante de 8 mts. , con unas contraflechas de 1 mts. Apunta Bergera al respecto que:

"...con anterioridad, el recurso a la estructura abovedada venía impuesto por la carencia de materiales y otro tipo de circunstancias coyunturales; ahora, Aburto vuelve a ellas, las revisa y las transforma para conseguir un nuevo gesto estructural".

231

Finaliza Bergera⁷⁰ estableciendo el paralelismo formal que se puede establecer entre la obra de Aburto y la reflexión neohistoricista que Louis Khan estaba proponiendo en esos mismos años. Se refiere a la definición estructural como símbolo de la función y al uso de los materiales que explican su función estructural con *sinceridad y realismo*, así como al uso de geometrías básicas como el cuadrado (las aulas de Aburto son cuadradas y no rectangulares).

LA DOCUMENTACIÓN GRÁFICA DE LOS PROYECTOS DE LOS INSTITUTOS LABORALES DE ELCHE Y ORIHUELA

Ambos proyectos fueron construidos, pero mientras que del de Orihuela solo se ha tenido acceso a algunos planos del proyecto redactado por Aburto, del de Elche los archivos consultados han permitido su documentación completa. Ambos proyectos fueron redactados en las mismas fechas (final de la década de los 50) y participan de esa sinceridad y realismo entre estructura y forma a la que nos referíamos más arriba así como del uso de geometrías y volúmenes elementales. Mientras que el de Orihuela se resuelve en una única planta, el de Elche acaba resolviéndose en dos resultando una planta más compacta. A pesar de su resolución compacta, Aburto dispone unas pérgolas de acceso que hace las veces de los brazos de aulas con que había resuelto el concurso de los institutos laborales y el proyecto de Orihuela y que remiten a su vez al proyecto de Fisac en Daimiel.

66 Memoria del Proyecto de Instituto Laboral en Elche, 1956. AME, NO.

67 BERGERA SERRANO, I. Op. cit. p. 137.

68 Memoria del Proyecto de Instituto Laboral en Elche, 1956. AME, NO.

69 Memoria del Proyecto de construcción de la 2ª fase del Instituto Laboral de Modalidad Industrial de Elche, 1958. AME,NO.

70 BERGERA SERRANO, I. Op. cit. p. 138.



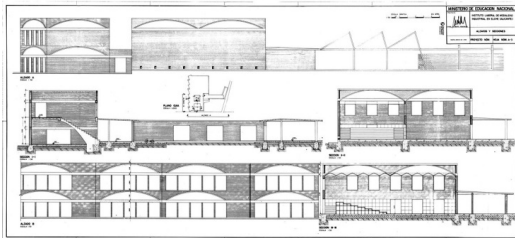


Fig. 10. Secciones, I. L. Elche, 1959. AGUN.

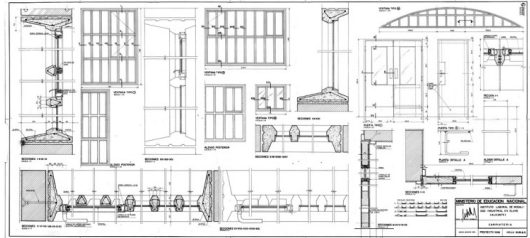


Fig. 11. Detalles de carpintería, I.L. Elche, 1959. AGUN.

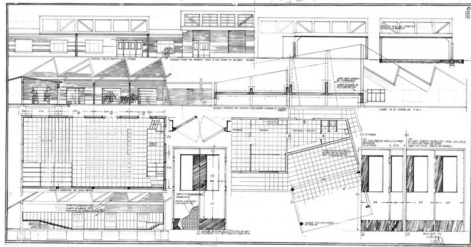


Fig. 12. Aula Magna y pórtico, I.L. Elche, 1959. AGUN.

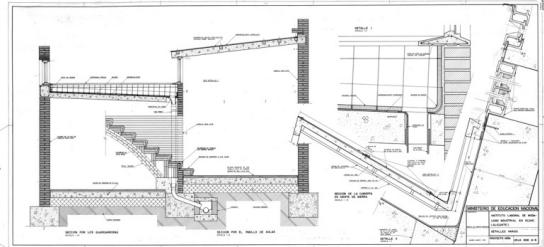


Fig. 13. Detalle cubierta, I.L. Elche, 1959. AGUN.

Por lo que respecta a las características gráficas de los proyectos, es el de Elche el que revela una rotunda modernidad gráfica de sus planos. Este aspecto, al igual que sucede con la obra, cobra especial importancia al compararse con los proyectos de escuelas que se estaban haciendo y se ejecutarían durante toda la década de los sesenta en la ciudad. El estudio de la documentación y especialmente los planos del proyecto, han puesto de manifiesto un excelente trabajo gráfico más allá del puramente proyectual. De la información gráfica destaca especialmente los dibujos constructivos y de instalaciones con multitud de aproximaciones y vistas parciales acompañadas siempre de abundantes leyendas (figs. 10 a 16). En el caso de Elche llama poderosamente la atención la organización de las distintas vistas en los planos lejos de planteamientos rígidos. Las vistas, exclusivamente diédricas, se giran, se acomodan e incluso se superponen entre ellas con una evidente pretensión didáctica. La presencia de fondos (texturas de paramentos y dibujo de suelos) es prácticamente constante y transmite una voluntad explicativa de la organización del proyecto. Por lo que se refiere a la materialización gráfica de las soluciones formales de plantas, alzados y secciones, los planos remiten a imágenes y soluciones que Miguel Fisac había iniciado en sus primeros Institutos y que podemos ver en otras propuestas del mismo concurso de Institutos Laborales al que antes nos remitíamos como en otros concursos de centros escolares que la revista *Arquitectura* divulgaba a mediados de la década de los cincuenta.

La magnífica realización gráfica de la documentación del proyecto nos hablan de un arquitecto profundo conocedor de su oficio que en la penuria de una España de posguerra y desde la tradición se esfuerza por igual en renovar su lenguaje formal y proyectual, como en el uso de nuevos materiales de construcción. El lenguaje gráfico empleado en estos proyectos se convierte en el mejor testimonio de este posicionamiento.

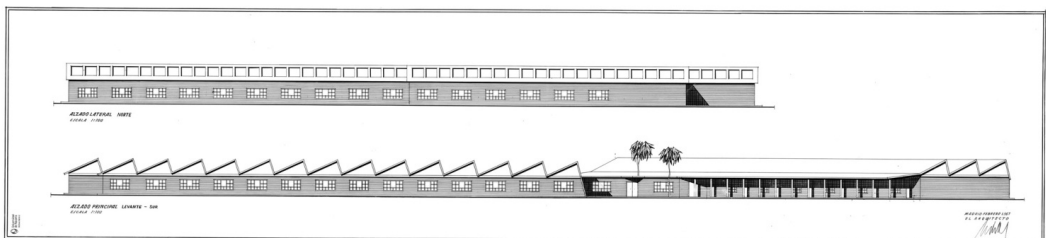


Fig. 14. Alzados I.L. Orihuela. 1957. AGUN

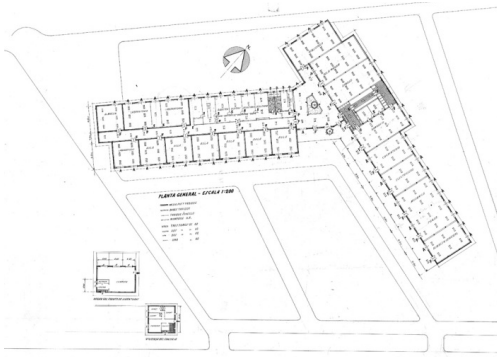


Fig. 15. Planta I.L. Orihuela.1957. AGUN

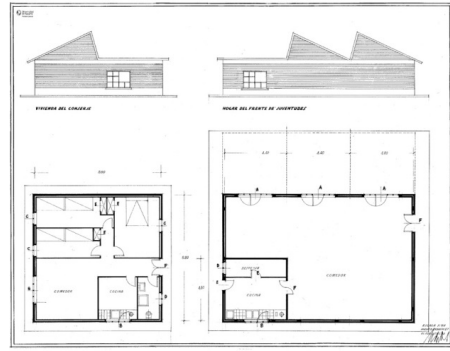


Fig. 16. Detalle vivienda conserje y gimnasio I.L. Orihuela.1957. AGUN

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AA. VV. (DÍAZ BOIX, Vicente Miguel; BOIX JAVALOYES, Humbelina; MARTÍNEZ GARCÍA, Rafael; PEIRÓ ALEMÁN, María Dolores; coord.). La escuela en Elche. Una mirada histórica al mundo de la enseñanza., Caja de Ahorros del Mediterráneo, Elche, 2000.
- BERGERA SERRANO, Iñaki. "Institutos Laborales: De la teoría a la práctica en Los años 50" en La arquitectura española y su compromiso con la historia. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Navarra. Pamplona, 2000.
- BERGERA SERRANO, Iñaki. Rafael Aburto, arquitecto. La otra modernidad. Fundación caja de Arquitectos. Barcelona, 2005.
- BOHIGAS, Oriol. "La escuela viva: un problema arquitectónico". Cuadernos de Arquitectura y Urbanismo, 1972, nº 89 Educación y Arquitectura Escolar II.
- BURGOS RUIZ, Francisco. La arquitectura del aula. Nuevas escuelas madrileñas, 1868-1968. Ayuntamiento de Madrid y Área de las Artes. Madrid, 2007. CAPITEL, Antón. Arquitectura Española, años 50-años 80. MOPU, Madrid, 1986.
- CÁMARA VILLAR, Gregorio. Nacional-Catolicismo y Escuela. La Socialización Política del Franquismo (1936-1951). Editorial Hesperia S.L. Madrid, 1984.
- CAPITEL, Antón. Arquitectura Española Contemporánea, Tomos I y II. Aguilar S.A. Madrid, 1989.
- "Concurso de Institutos Laborales" en Revista Nacional de Arquitectura 153 (1954).
- DOMÈNECH, Lluís. Arquitectura de Siempre. Los años 40 en España. Cuadernos Ínfimos 83, Barcelona, 1987.
- GARCÍA BRAÑA, Celestino. "Equipamientos I. Nuevos usos, nuevos programas. Registro DOCOMOMO Ibérico, 1925-1965" en AA. VV. Equipamientos I. Lugares públicos y nuevos programas, 1925-1965. Registro DOCOMOMO Ibérico. Fundación Caja de Arquitectos, Barcelona 2010.
- GARCÍA DELGADO, José Luis. "La industrialización y el desarrollo económico de España durante el franquismo" en AA. VV. La economía española en el siglo XX. Una perspectiva histórica. Editorial Ariel S. A. Madrid, 1994.
- GÍNER DE LOS RÍOS, Bernardo. Cincuenta años de arquitectura española II (1900-1950). Adir Editores, Madrid, 1980.
- JORDÁ, Carmen. "Los equipamientos en España". en AA. VV. Equipamientos I. Lugares públicos y nuevos programas, 1925-1965. Registro DOCOMOMO Ibérico. Fundación Caja de Arquitectos, Barcelona 2010.
- MARTÍNEZ MARCOS, Amaya. "Congresos Internacionales de Arquitectura Escolar: Viajes de ida y vuelta en busca de la Escuela Moderna" en Viajes en la transición de la arquitectura española a la modernidad. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Navarra. Pamplona, 2010. URRUTIA, Ángel. Arquitectura española. Siglo XX. Manuales Arte Cátedra, Madrid, 1997.



MOMENTOS ICÓNICOS DEL DIBUJO DE ARQUITECTURA

Santiago LLORENS CORRALIZA

Universidad de Sevilla
Departamento Expresión Gráfica e Ingeniería de Edificación

RESUMEN

Las inquietudes expresivas del ser humano se han plasmado en cinco momentos clave de la historia del dibujo de arquitectura, constituyendo episodios puntuales de un quehacer milenario en los que el hombre se ha proyectado hacia el exterior, explorando el mundo circundante para comprenderlo, documentarlo y adaptarlo a sus necesidades vitales.

PALABRAS CLAVE

Dibujo, Arquitectura, Construcción, Historia

ABSTRACT

The human's expressive worries have taken form in five key events of architectural drawing history, establishing punctual episodes of a millennial job in which the man has been projected outside, exploring the surrounding world to understand it, document it and adapt it to his vital needs.

KEY WORDS

Drawing, Architecture, Construction, History

INTENCIONES

Momento para la reflexión:

Sobre el dibujo de arquitectura, su tiempo y su memoria. Reflejo en imágenes de la necesidad de comunicar y arquitecturar que es innata al ser humano. De la invención y el código que permita tales aspiraciones. El dibujo que anticipa la arquitectura o el documento gráfico que testimonia su existencia. También del dibujo que induce a su acción, el cómo ha de hacerse: la construcción. Por último, sobre las limitaciones del dibujo para expresar las otras arquitecturas no sometidas al espacio euclidiano, la generación, el movimiento y la interacción: El dibujo y la revolución digital, la maqueta virtual y el modelado plástico, elementos parametrizables... Dibujo?

Cinco momentos icónicos:

O tal vez cincuenta. El número o el lugar no son relevantes. La clasificación y baremo dependen del autor y su personal necesidad de proyección.

Valga con rescatar de nuestra memoria algunos episodios significativos del dibujo de arquitectura y presentarlos para que, a modo de mesa de cata, el lector pueda degustar/reflexionar sobre las intenciones expresivas que subyacen en los mismos. Es constatable la relevancia del hecho como episodio aislado que se inserta en la cultura común del grafismo y su historia como documentos del esfuerzo colectivo por expresar, documentar o anticipar la arquitectura. Algunas intenciones:

El Dibujo como vehículo de expresión. La necesidad vital como ser humano de proyectar y proyectarse.

El Dibujo innovador. La respuesta desde el grafismo a nuevas funciones documentales o ejecutivas.

El Dibujo de tanteo. Dibujo que indaga en la expresión de nuevos cometidos. Dibujo a menudo errado, que pone de manifiesto las limitaciones del código gráfico.

El Dibujo eficaz. Dibujo correcto, descripción rigurosa y exacta que agota las posibilidades del código.

El Dibujo de tendencia. Dibujo que se recrea y agota las posibilidades expresivas. Dibujo icónico y seductor, expresivo y coloreado, ligado a las tendencias culturales de su tiempo.

Por fin, la constatación de las limitaciones del dibujo. Limitaciones del grafismo para expresar otras geometrías no euclidianas, los aspectos dinámicos de la arquitectura y la construcción. Nuevos modos de trabajo. Nuevos campos de influencia. Elementos parametrizables y tecnología BIM. Sistemas emergentes. Sistemas flexibles. Arquitectura curvilínea. Nanotecnología. Bioconstrucción.

El banquete está servido

MOMENTO EXPRESIVO

Constituye un primer estadio de las inquietudes expresivas del autor, aquel en que la imagen mental toma forma sobre un soporte. Estos dibujos destacan por su carácter icónico, responden a la necesidad vital del hombre de proyectarse y constituyen piezas de referencia en la historia del grafismo arquitectónico.

PROYECTAR LO IMAGINARIO/ LO QUE SE DESCONOCE O TEME

La historia nos muestra cómo ha formado parte de la naturaleza humana la necesidad de dejar constancia de su existencia, de su ser. Así lo hizo el primer hombre sobre las paredes de las cuevas que utilizó como refugio, proyectando la sombra de sus propias manos o realizando pinturas de animales, propios del ritual del cazador. Posteriormente se hizo nómada, se asentó en la naturaleza y quiso dejar huella de sus realizaciones, de cómo logró modificar un entorno hostil para adaptarlo a sus necesidades. Tal vez ello le indujo hace ya más de 7000 años a rasgar con un punzón sobre la roca en Val Camónica unos surcos que dejan testimonio de sus primeras construcciones arquitectónicas dotadas de cierta complejidad.



Parco Nazionale delle Incisioni Rupestri (Capo di Ponte, BS). Particolare di alcune raffigurazioni incise sulla Rocca 99.

Fig 1. "Petrolifos de Val Camónica". Hacia 6000 a.C

PROYECTAR LO QUE EXISTE/ LO QUE SE VE

La arquitectura, que desde un primer momento establece una relación del hombre con sus creencias y sus dioses, encuentra en Grecia el apoyo del número y la geometría como base para el desarrollo de trazados rigurosos. Desde entonces se han obtenido imágenes anticipadas de futuras construcciones, recurriendo al dibujo como intermediario ocasional. Quizás debido a que el trazado se realiza sobre los soportes al uso - tablillas, pergaminos o pieles- se conservan escasos restos de ello. En principio, es la maqueta la que ofrece las condiciones expresivas idóneas para anticipar una forma con carácter visual y fácilmente comprensible. La aparición del papel supone una gran revolución en el campo del dibujo, en la medida en que es posible tanto la expresión, como la documentación y difusión de la arquitectura: Se ensayan nuevos modos de expresión que reproduzcan sobre el papel imágenes intuitivas, semejantes a la visión ocular de los edificios y sus cada vez más complejas articulaciones y geometrías.



Fig 2. "Trascoro de la catedral de Reims. Livre de portraiture". Villard de Honnecourt. 1220-1240

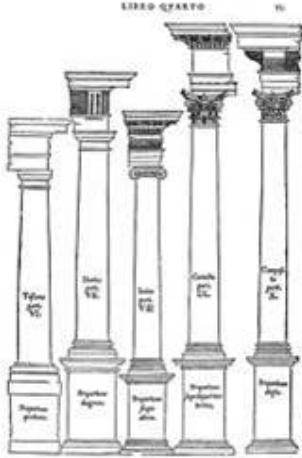


PROYECTAR LO QUE EXISTE/ EL CANON IDEAL

El dibujo, con el concurso de la línea, permite elaborar imágenes eficaces de fácil comprensión por un público no necesariamente especializado. Esa misma línea, permitirá su incisión sobre madera -Xilografías- para documentar por medio de la imprenta los edificios emblemáticos de las culturas clásicas. Es el gran momento de la difusión de la arquitectura culta, con la producción de tratados y manuales para deleite de los estudiosos y difusión entre los artesanos y profesionales.

Las dificultades de impresión de estos primeros tratados favorecen la concentración en la esencia del mensaje; así, la proporción desplaza a la medida y la expresión de la totalidad al detalle.

Es el momento de la divulgación -la documentación- y clasificación de lo que ha de ser conocido, imitado o reproducido. El necesario orden documental tiene su paralelismo en la adopción de nuevos códigos gráficos que permitan establecer también un orden lógico de lectura del grabado -la lámina in folio- como universo en el que se plasma la experiencia cognitiva del autor.



236

Fig 3. "Los ordenes arquitectónicos. I Sette libri dell'architettura". Sebastiano Serlio. 1537-1551

PROYECTAR LO QUE NO EXISTE/ EL DESEO DE SER

También el boceto gestual participa de esta intención expresiva primigenia. Como borrón dispuesto sobre un papel, con el poder de abstracción de las ideas generadoras de elementos de mayor complejidad y cuyo desarrollo requerirá otros gráficos descriptivos, atentos a un mayor grado de precisión y detalle. La inmediatez es su razón de ser, logos/lugares en los que se depositan la esencia y el concepto de lo que el edificio desea ser. Reflejo también de un pensamiento abstracto atrapado en un instante y traducido a líneas que participan de códigos gráficos al uso, intenciones proyectuales, visiones congeladas en el trazo.

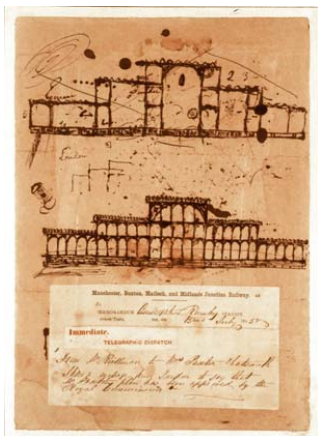


Fig 4. "Boceto para el Crystal Palace". Sir J. Paxton. 1850.

MOMENTO INNOVADOR

La necesidad documental o instructiva encomendada al dibujo precisa de nuevos códigos que faculten su reconocimiento o ejerzan de vehículo comunicativo en el plano descriptivo.

FORMALIZACIÓN DE LA PIEL/ LA SECCIÓN

Está en la esencia de la arquitectura el constituir una envolvente que proteja al hombre de las condiciones climáticas adversas y le asegure la protección necesaria para desarrollar sus actividades vitales de relación.

La descripción constitutiva de esa epidermis sensible sólo es posible recurriendo al corte de la misma, a la sección. Lo constructivo aparece así como un perfil lineal que delimita y enmarca la materialización de esa necesidad. La textura permitirá cualificar los materiales constitutivos del sistema constructivo adoptado.

No obstante, esa recurrencia al corte, al despiece del organismo arquitectónico, si bien permite la descripción exhaustiva de sus partes, también limita su comprensión como totalidad articulada.

El mecanismo intuitivo de proyecciones relacionadas geoméricamente en el plano, permite distribuir la atención hacia las partes sin perder el sentido de totalidad. Al propio tiempo, los gráficos se van especializando para organizar imágenes sintéticas que no alteran el perfil característico del elemento, combinando eficazmente planta –la huella en el suelo- con alzado –el exterior visible- y sección –el espacio interior-.

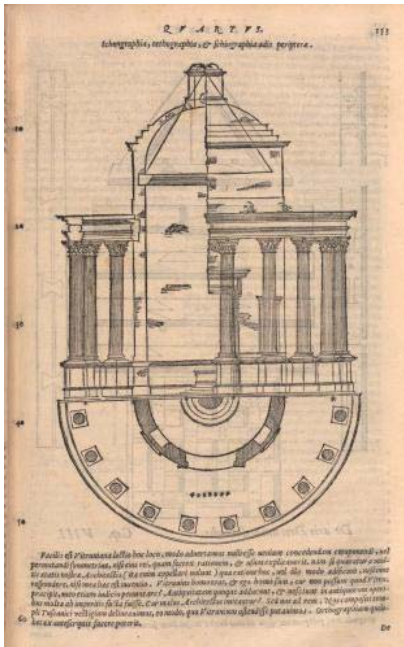


Fig 5. "Ichnographia, orthographia y schiographia periptera. M. Vitruvii De Architectura". A. Palladio/D. Barbaro. 1567.

DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA ARTICULADA/ EL NUDO

La invención de novedosos sistemas constructivos articulados, tiene su reflejo en la búsqueda de mecanismos gráficos que permitan expresar la complejidad y esencia del *nudo* como elemento vertebrador del conjunto y del orden temporal de la concreción del sistema. La sección, que se revela útil en la descripción de organismos de naturaleza compacta, no permite expresar la complejidad de ejecución de las uniones de las estructuras articuladas. Quizás por ello, se recurre a registros gráficos parciales que focalizan su atención en este detalle concreto, que presentan a los elementos constitutivos flotando en el espacio; registros en los que predomina su condición etérea, sorteando la atracción con que la fuerza de la gravedad somete a los sistemas masivos.



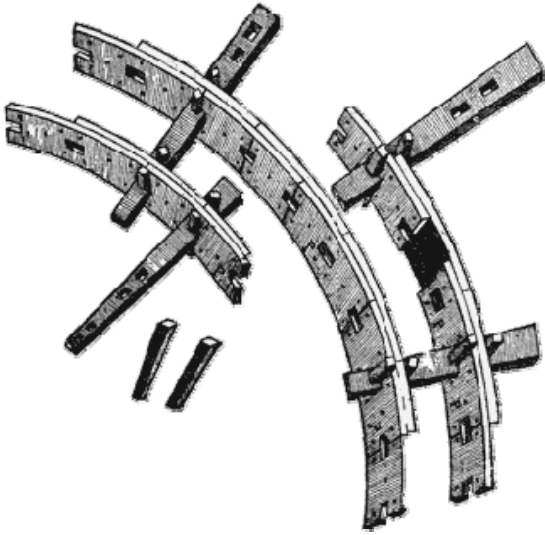


Fig 6. "Nouvelles inventions pour bien bastir à petits fraiz". Philibert de L'Ormé. 1561.

EL CONOCIMIENTO DE LA TOTALIDAD/ LA ESCALA DEL OBJETO

El sistema proyectivo basado en la fragmentación del organismo en planos de sección, si bien permite su correcta descripción parcial, impide su conocimiento como totalidad, su necesaria visión tridimensional.

Era preciso encontrar un sistema de representación que alternase la expresión dimensional de los elementos constituyentes sin perder sus cualidades descriptivas. La axonometría surge como un recurso que conjuga la necesaria descripción científica del objeto y de sus partes. Combinada con la escala de referencia –regleta gráfica- permite la medición de los elementos y, consecuentemente, su ordenación y construcción.

La cualificación de la línea aporta la necesaria textura de los materiales y, con el apoyo de las sombras, evita la reversibilidad de este tipo de experiencias gráficas.

Este juego tridimensional permite la visión inusual/objetual, con proyecciones en las que la planta/huella queda en primer plano, presentando imágenes invertidas de los objetos que sitúan al espectador en la escena, lejos de las visiones desde el infinito, en las que la cubierta es el foco recurrente de la información.

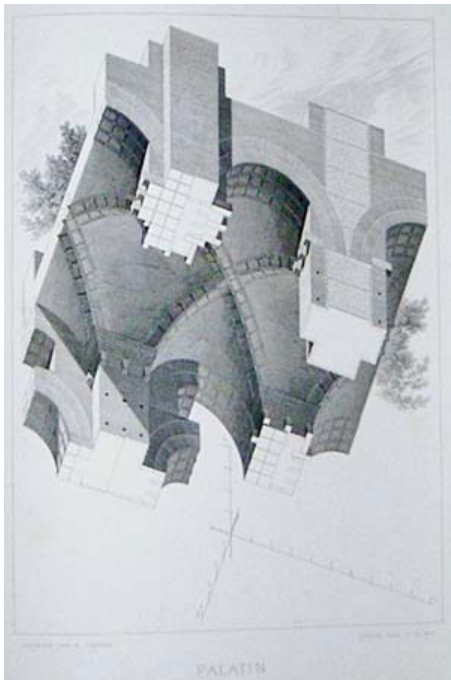


Fig 7. "El Palatino. L'art de bâtir chez les romains". Auguste Choisy. 1873

LA VISIÓN DE LO CONSTRUCTIVO/ LA ESCALA HUMANA

La invención y difusión de novedosos sistemas constructivos articulados que combinan el hierro con el cerramiento tradicional de piedra, invitan a concretar imágenes que sitúen al espectador dentro del espacio generado por estas invenciones.

La perspectiva, aunque en principio no parece un recurso gráfico conveniente para expresar los aspectos constructivos, permite personalizar el punto de vista adecuado a la escala humana. También la ocultación o eliminación de aquellos elementos constructivos que impiden la visión, la textura o las sombras, anuncian la madurez –tal vez el límite– de los recursos gráficos establecidos sobre las posibilidades expresivas de la línea y el grabado.

239

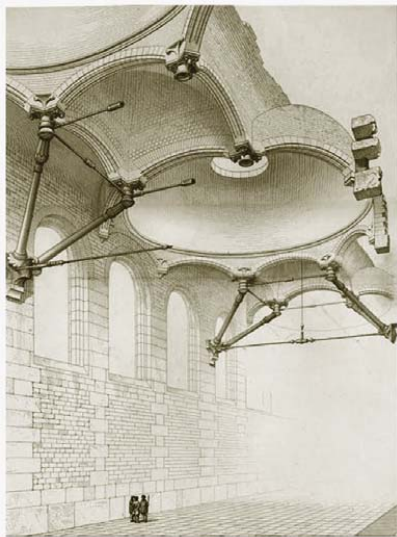


Fig 8. "Entretiens sur l'Architecture". E. Viollet le Duc. 1863-1872



MOMENTO DE CRISIS E INVESTIGACION

El agotamiento del sistema representativo se manifiesta en tanteos o dibujos de estados parciales de autor, reflejo de las limitaciones expresivas del mismo y la puesta en crisis de su eficacia. Surge la necesidad/invencción de nuevos códigos gráficos que resuelvan estas limitaciones y permitan describir con precisión, rigor y exactitud.

LIMITACIONES DEL SISTEMA GRÁFICO/ EL DIBUJO ERRADO

Las relaciones geométricas como esquema de principio, ordenador y soporte del sistema constructivo que resuelve las solicitaciones estructurales. La proyección/sección por un plano en el que han de converger elementos articulados multidireccionales. La imposible descripción del nudo/encuentro sobre un único plano proyectivo. Se intenta definir la forma y la textura para anticipar los planos, se superponen capas, se tantea y se borra y se termina abandonando. Surge la necesidad de la estereotomía, el despiece de los elementos y su correcta definición geométrica.

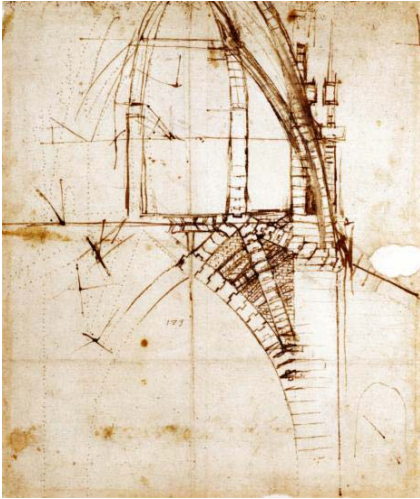


Fig 9. "Estudios para el triforio del duomo de Milán. L. da Vinci. 1487.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO/ LA SECCIÓN MÚLTIPLE

La imposible descripción de las geometrías no planas presentes en las cúpulas o las fachadas de directriz curva mediante el sistema proyectivo tradicional, plantea la necesidad de nuevos modos de representación.

Esta dificultad se acrecienta cuando se ha de acometer la descripción constructiva de la estructura como totalidad, al tiempo que las partes constitutivas del sistema. También el nudo, como momento de encuentro y articulación de las mismas, lo que obliga a definir en detalle sus características allí donde los encuentros se producen.

El desarrollo de código gráfico a partir de secciones proyectivas, recurre así a la generación de cortes por distintos planos que expresan el orden constructivo de tan complejo sistema. La escala gráfica permite comprobar las dimensiones de los elementos constituyentes y la disposición secuencial de estos cortes sobre la lámina, garantiza un alto grado de eficacia visual en la representación.

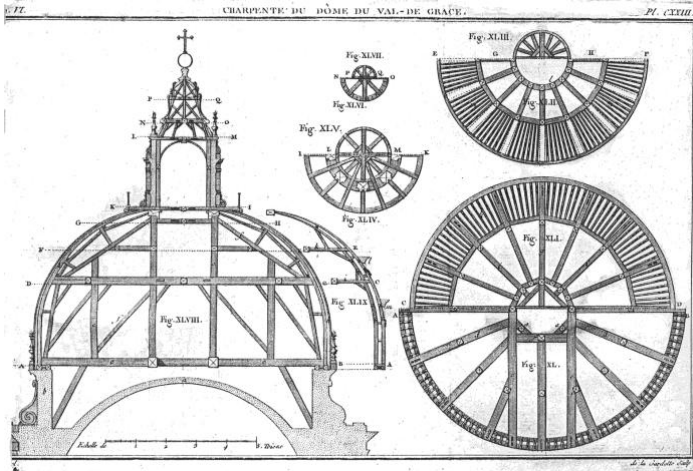


Fig 10. "Cúpula de Val-de-Grace. Cours d'Architecture". J.F. Blondel. 1771-1779.

LA EXPRESION DEL MOVIMIENTO

La perversión del código de representación se manifiesta con la puesta en crisis de los postulados de la física newtoniana. Ello permite pensar en la posibilidad de un nuevo espacio afectado por la dimensión temporal. Se investiga entonces la apariencia posible de un espacio de más de tres dimensiones.

En sus primeros tanteos, se ensaya una geometría como expresión del recorrido, dotada de una cierta continuidad estructural. Producto de este movimiento iniciático, predomina los gestos escultóricos y la plasticidad de las propuestas, reivindicando una nueva concepción espacial que pone de manifiesto las limitaciones del dibujo para expresar los parámetros del cambiante movimiento.

Habrà que esperar al desarrollo de las herramientas informáticas para invertir el esquema de procedimiento, partiendo de la definición tridimensional del objeto, para proceder posteriormente a la descripción de los elementos constituyentes y así hacer posible su materialización y construcción.



Fig 11. "Kinetic constructive system". Laszlo Moholy-Nagy.1922



LAS GEOMETRÍAS NO EUCLIDIANAS/ PÉRDIDA DE LA SECCIÓN

La investigación en diversos campos como la física o la biología, permiten desarrollar un nuevo tipo de geometrías de raíz claramente no euclidiana. Geometrías fractales, vagas o itinerantes, caracterizadas por la continuidad y carencia de aristas, limitados por pliegues, en las que el recorrido va generando y cualificando los espacios. Esto es, la geometría como expresión plástica de su ley de generación y crecimiento, en las que la sección comienza a perder la importancia que tuvo en la definición de lo constructivo con las geometrías euclidianas.

Los objetos arquitectónicos aparecen como sistemas integrales no jerarquizados, compuestos por estructuras flexibles y volúmenes de sección variable o planos de distinta naturaleza, angulaciones y encuentros diversos.

Este nuevo lenguaje reproduce la inmediatez del gesto plástico asociado a los bocetos expresivos, que eran propios del dibujo de concepción, para hacer realidad imaginarios proyectos que deben su realización a los avances de las tecnologías informáticas en el campo de la aeronáutica o la automoción, permitiendo la generación del proyecto y construcción de modelos digitalizados.

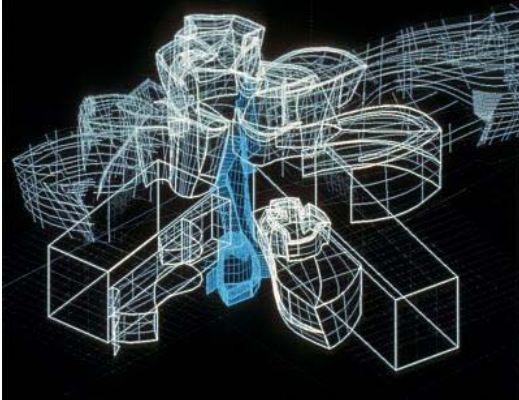


Fig 12. "Digitalización con el programa Catia. Proyecto museo Guggenheim de Bilbao". Frank Gehry. 1992-1997

MOMENTO DE CONSOLIDACIÓN

El desarrollo del dibujo de construcción ha estado ligado a la implantación normativa del sistema gráfico -bien impuesta o consolidada por su uso- para garantizar una comunicación eficaz entre los usuarios del mismo, recurriendo al uso de imágenes convencionales.

LA GEOMETRÍA DEL CORTE/ LA ESTEREOTOMÍA

Los sistemas proyectivos fracasaron en la expresión de las complejas secciones que implicaban los cortes de la piedra para ejecutar elementos constructivos singulares.

Superado el ocultismo de los gremios de constructores, la publicación de tratados y manuales para uso de maestros y aprendices en el noble arte de la estereotomía, requería la elaboración de planchas con dibujos que combinaran el rigor del trazado y la medida con la eficacia visual y claridad en la transmisión del mensaje. Se encomienda a la axonometría la tarea de extraer del plano ese corte abstracto, colocarlo en el espacio tridimensional y cualificarlo con la textura y sombras que hagan comprensible la noción del volumen.

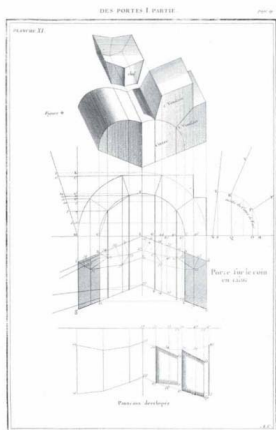


Fig 13. "Trazado de puertas. *Traité de la coupe des pierres*". J.B. de la Rue. 1728

LA DESCRIPCIÓN CIENTÍFICA DEL OBJETO/ SISTEMA DIÉDRICO

La publicación de la *Geométrie Descriptive* y su adopción como texto de referencia en las escuelas de arquitectura e ingeniería, remiten al sistema diédrico como recurso gráfico para expresar los aspectos constructivos de la nueva arquitectura. La línea alcanza entonces su más alta cualificación, permitiendo definir con precisión el contorno, la medida, textura y posición relativa de los objetos componentes del sistema. Se acotarán los dibujos y se recurrirá a la escala para ampliar o reducir la información del gráfico. La eficaz combinación de plantas, alzados, secciones y detalles sobre la lámina anuncian la optimización de este recurso

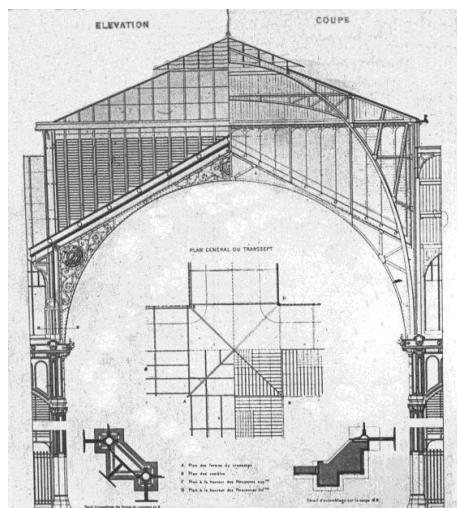


Fig 14. "Sección constructiva. *Les Halles Centrales de Paris*". Victor Baltard. 1852-1862

LA SECCIÓN CONSTRUCTIVA/ EL DIBUJO CONVENCIONAL

La normativa que afecta a los proyectos de arquitectura, impone la presencia de la sección como documento necesario para la descripción de los aspectos constructivos.

La codificación de los signos gráficos los convierte en convencionales en la medida que su significado es pactado y conocido por aquellos que han de intervenir en el proceso constructivo.

Este recurso gráfico permite definir con precisión la constitución interna de la envolvente –presencia de la arquitectura- disponer sus elementos constitutivos en plano y medir sus dimensiones. El grafismo asociado a su definición queda fijado por la normativa, afectando a la textura de los materiales, las escalas de representación, los textos y cotas dimensionales.



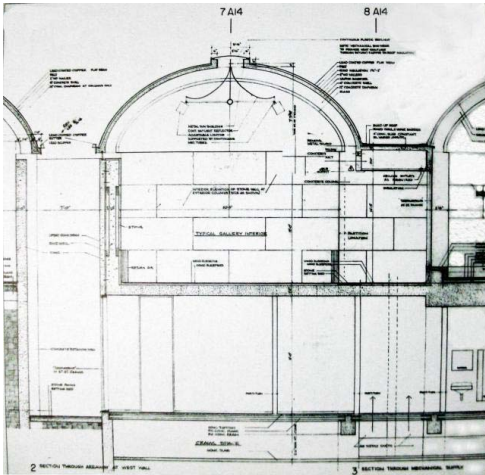


Fig 15. "Sección constructiva. Kimbell Art Museum". Louis I. Khan. 1972

EL ORDEN TEMPORAL DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

La construcción se engloba dentro de las acciones/procesos que tienen como objetivo arquitecturar. Su correcta descripción debería permitir ordenar en el tiempo las operaciones que permiten alcanzar tal objetivo.

El despiece constructivo generado por el sistema diédrico por medio de las secciones parciales, puede ser recompuesto en una visión unitaria de la totalidad del sistema con el recurso de la Axonometría.

Las técnicas de reproducción actuales permiten la incorporación de la Textura y color de los materiales, transparencias y veladuras, ofreciendo imágenes de gran eficacia visual y descriptiva.

Las revistas de arquitectura recogen los aspectos constructivos en formatos a doble página en las que se combinan los dibujos en axonometría con los detalles constructivos acotados en diédrico, los textos explicativos y las fotografías del edificio durante su ejecución -o ya concluido- relevando en esta tarea al modelo exclusivamente gráfico de las láminas de los tratados y manuales.

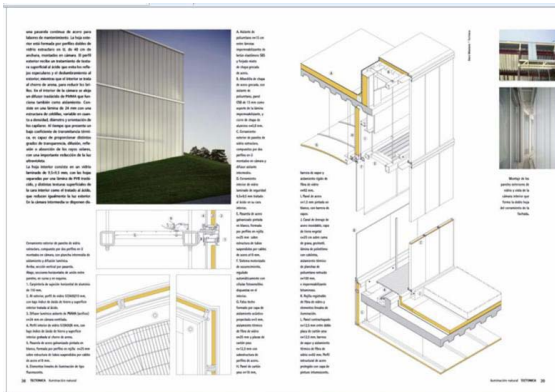


Fig 16. "Museo en Kansas City. Steven Holl. 1999-2007". Revista Tectónica. Nº26

MOMENTO DE RECREACIÓN DEL CÓDIGO

La consolidación y agotamiento expresivo del código gráfico fomenta la aparición de nuevos tipos de expresión, que aunque ligadas a sus antecesores, permiten canalizar la necesidad de nuevas experiencias comunicativas.

LAS EXPERIENCIAS PLÁSTICAS PROYECTUALES

Las láminas realizadas por los pensionados franceses y los concursos del *Grand Prix de Rome* dan origen a la aparición del cuadro-dibujo de arquitectura en forma de cartel. Este modo ilustrado de dibujar la arquitectura a

todo color para su copia, estudio o contemplación, influye en el modo de dibujar el proyecto de arquitectura, e incluso la construcción de la misma. Sir John Soane, en colaboración con J.M. Gandy, realiza el proyecto para el Banco de Inglaterra como si de una ruina clásica se tratase, con fantásticas perspectivas a todo color. Al considerar el proyecto de arquitectura en su totalidad, la acuarela es la técnica elegida para ilustrar también los detalles que definen los aspectos constructivos de los edificios. Con ello se logra un grado de eficacia visual considerable, en la medida en que el color permite identificar y cualificar los materiales empleados, al tiempo que la transparencia de la aguada no anula la visión de los trazados geométricos subyacentes.

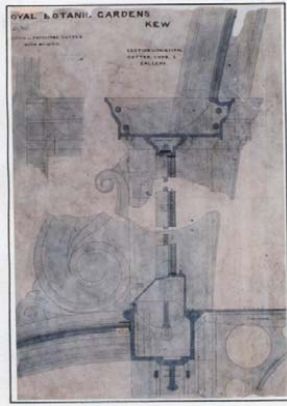


Fig 17. "Detalle del Palm House. Royal Botanic Gardens. Kew". D.Burton/R.Turner. 1844

EL DIBUJO ICÓNICO VANGUARDISTA

Las experiencias plásticas de algunos movimientos vanguardistas de principios del siglo XX, toman la Axonometría como modelo expresivo de un nuevo concepto de espacio definido por planos de color.

Aunque dejaron constancia de algunas realizaciones, los aspectos constructivos quedaron eclipsados por los planos opacos de color, que a modo de collage en tres dimensiones reflejan el carácter de cartel icónico/propagandístico de una nueva tendencia asentada en las experiencias de La Bauhaus.

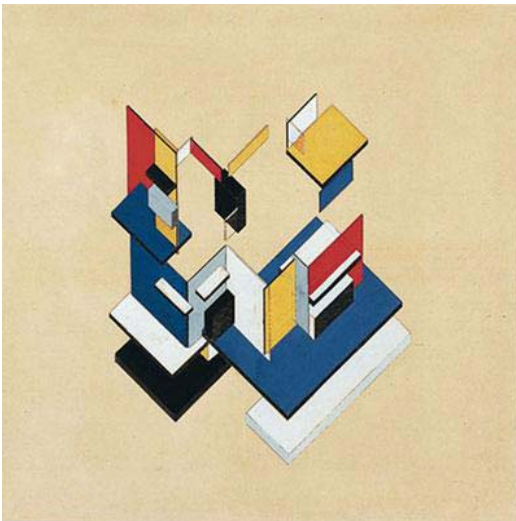


Fig 18. "Axonometría. "De Stijl". Theo Van Doesburg. 1923

EL CARTEL ILUSTRADO DE CONCURSO

El impacto visual que el dibujo impreso a todo color ejerce sobre el receptor, ha sido utilizado para influir sobre la voluntad de los componentes de los jurados de los concursos de arquitectura. Utilizando a su favor parámetros propios de la psicología de la percepción, anticipan el objeto final en una cuidada composición de



lentos y vacíos, fondos y formas, estatismo y movimiento, color y clarooscuro, combinando distintos tipos de recursos gráficos planos o volumétricos de un modo sumamente eficaz.

La realidad virtual constituye un elemento clave en este proceso de seducción, anticipando sobre la maqueta virtual renderizados con texturas y luces de extremo realismo, promoviendo recorridos y conjugando visiones objetuales o constructivas con diagramas funcionales o experiencias espaciales de habitación. Pasado el primer impacto, el panel debe ofrecer un cuidado orden de lectura a esta densidad de imágenes, convirtiendo en un relato la comunicación del mensaje que se pretende transmitir.

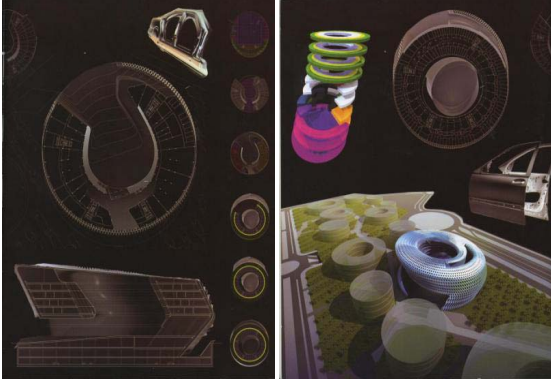


Fig 19. "Concurso Juzgado de lo Civil. Campus de la Justicia. Madrid". Zaha Hadid. 2007

A MODO DE EPÍLOGO/ SUPERACION DEL CODIGO GRÁFICO

Ventana abierta al mundo exterior o rasguños sobre los que se proyecta el dibujante, el dibujo se ha visto limitado a las posibilidades expresivas de su plano, las técnicas gráficas o de impresión y las significaciones o conceptos que son susceptibles de comunicar. El dibujo como limitación y transgresión de la realidad, de carácter plano y estático, alcanza sus límites en la expresión del movimiento.

La Revolución Digital y el modelado de la arquitectura desde su materia, el nuevo espacio arquitectónico comprensible desde el recorrido. Arquitectura para ser contemplada, desde el exterior recorriendo su envolvente para identificar sus múltiples superficies y angulaciones, desde su interior para comprender sus relaciones estructurales, de permeabilidad y opacidad, de luz y oscuridad. La experiencia del espacio virtual como paso previo a su comprensión.

También el necesario concurso del modelo digital para su materialización. La sustitución del sistema planta-alzado-sección por terminologías como Nurb, Bezier splines, Parametric elements, o Building Information Models (BIM), los nuevos materiales y nuevos sistemas constructivos, que requieren procesos de fabricación digitalizada y robotizada, anticipa un nuevo modo de generación del proyecto de arquitectura, en el que el dibujo -tal como lo hemos conocido- ocupa los márgenes inicial y final del proceso.

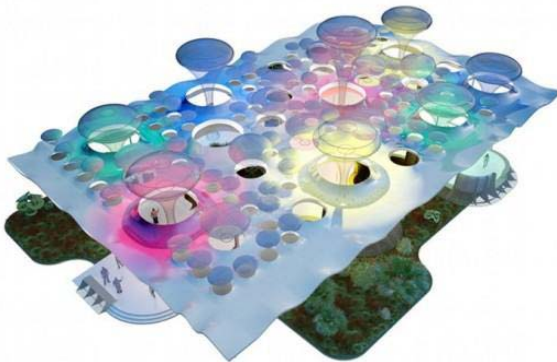


Fig 20. "balloontastic mobile art pavilion. Rio de Janeiro". A. Grinshaw/Arup. 2010

DOCUMENTAR NUESTRO PATRIMONIO EN RUINAS

El caso de las Iglesias Románicas del Baix Llobregat

Sonia LOEWE BARANGER
Jordi XIQUES TRIQUELL

Universidad Politécnica de Catalunya. UPC
Departamento de Expresión Gráfica II

Si bien el patrimonio arquitectónico se beneficia, en los países industrializados, de un reconocimiento y una protección por parte de los poderes públicos, esta protección a menudo depende de parámetros económicos. En el contexto actual, vestigios valiosos de nuestro patrimonio son sometidos al olvido y con el tiempo a destrucciones considerables.

El objetivo de esta comunicación es exponer una posible actuación, tomando como caso de estudio parte del patrimonio románico situado en el Baix Llobregat.

Las amenazas a las que está expuesto nuestro patrimonio eclesiástico, se viene manifestando de forma creciente desde los años 1970, debido a la disminución del culto religioso. La reutilización de los bienes eclesiásticos es una de las salidas para salvar el patrimonio, y en este tipo de intervención países como Francia y Bélgica, han desarrollado ejemplos interesantes de iglesias convertidas en equipamientos. Pero en todos los casos, son equipamientos en los que se había detectado previamente un fuerte vínculo entre la población y el edificio, y por lo tanto, en el que se reconocía la necesidad de salvarlo.

El número creciente de iglesias en las que ya no se practica el culto, plantea el problema de redefinición del valor del edificio más allá del valor de uso y de sus posibles conversiones a otros usos, como lugar de encuentro, de exposición, de espectáculo, u otros que podrían garantizar su pervivencia. En el caso de iglesias apartadas de núcleos urbanos, uno de los posibles usos es el turístico, en el que se puedan desarrollar actividades culturales en el marco apropiado.

El valor patrimonial del edificio se puede definir según el índice de Kalman, recogido por Lichfield (1999), a partir de cinco criterios elementales como, por ejemplo, el valor arquitectónico, el histórico, el medioambiental, el de utilización potencial y el de la integridad del edificio. A cada uno de estos criterios se les asigna un nivel de realización, excelente, bien, medio, insuficiente. En el caso antes indicado, las cuatro hipótesis de acción pueden ser: Conservar, rehabilitar, no actuar, y derribar correspondiendo a cada caso un coste económico.

Pero, en el caso que nos ocupa, no se deberían tener en cuenta otros criterios, como el del valor patrimonial, por ser el coste económico de la rehabilitación difícil de asumir en la situación económica actual?

En cualquier caso, el estudio de los parámetros debería tener en cuenta esta nueva situación económica y por lo tanto, nos conduce a contemplar la conservación como una opción válida.

La opción de conservar, en el caso de las iglesias rurales estudiadas, es una opción que permite intervenir posteriormente, y que con un presupuesto limitado, abre el camino a rehabilitaciones futuras, buscando siempre la reversibilidad de la medida adoptada.

El levantamiento gráfico de las iglesias románicas del Baix Llobregat forma parte de un proyecto iniciado desde el Taller de Patrimonio Arquitectónico de la UPC, que tiene como objetivo documentar el estado actual de edificios históricos, recopilar la información gráfica y escrita de los archivos, dejando constancia y testimonio de su existencia para poder planificar futuras acciones.

Las iglesias recogidas en este trabajo datan de los siglos XI y XII, siendo su estado de ruina parcial. En algún caso se han iniciado obras de consolidación por parte de la Administración, pero la mayoría se encuentran abandonadas, siendo incluso difícil su localización.

Las iglesias estudiadas recogidas en esta comunicación son: Sant Genís de Rocafort, Sant Pere de Romani, Sant Pere de Voltrea y Sant Joan del Pla.

Se trata de una primera etapa de acción, previa a una futura intervención. La metodología desarrollada se enmarca en la etapa del diagnóstico, dejando abierta la estrategia y las acciones a seguir en el futuro.

El reconocimiento del edificio se ha enfocado en términos histórico, urbanístico y arquitectónico.

La búsqueda exhaustiva de la información histórica se realizó en Archivos Locales, Comarcales, en el Instituto Geográfico de Cataluña y en la bibliografía específica.

Se ha efectuado el reconocimiento del marco territorial, la accesibilidad a los edificios, los usos de la zona y parámetros medioambientales, como por ejemplo, el paisaje natural.



Con el propósito de homogeneizar los datos recogidos según un mismo patrón, los parámetros bibliográficos, del levantamiento gráfico, de las patologías y del emplazamiento y del medioambiente se han recogido según unas fichas protocolizadas, según las diferentes fases.

La construcción de veintidós iglesias románicas del Baix Llobregat identificadas datan de entre el año 1040 hasta el año 1110, y quince fueron construidas entre el año 1110 y el siglo XIII.

La gran mayoría de estas iglesias fueron reconstruidas o intervenidas en los siglos X y XI, coincidiendo con épocas de prosperidad económica.

En muy pocos casos se ha podido identificar el nombre de sus promotores. Como, por ejemplo, en el caso de Sant Genís de Rocafort y el de Santa Margarida de Martorell, que fueron construidas gracias a Guillem Ramon de Castellví en 1110.

En otros casos, se desconoce su autoría, pero se han podido trazar eventos históricos y reconstruir la cronología de hechos descritos en documentos de la época, como por ejemplo, incendios o ceremonias que dan evidencias de su existencia o bien de alguna intervención, lo cual permitió datar el edificio.

Es el caso de Sant Pere de Voltrera, probablemente construida por Ramon Guillem de Voltrera, hermano de Bonfill Guillem de Castellví, o el de Sant Joan del Pla en la Palma de Cervelló que fue edificada por el monasterio de Sant Pere de Puelles.

En esta comunicación presentamos las siguientes iglesias: Sant Genís de Rocafort, Sant Pere de Romani, Sant Pere de Voltrera, Sant Joan del Pla y Santa Margarida

ANY	DESCRIPCIÓ	REFERENCIA
8 Abril 1042	Fundació i dotació del monestir de Sant Genís de Rocafort.	- Pagès, M. Art romànic i feudalisme al Baix Llobregat. CECBLL 1992; 112 - Pladevall, A; Aceña, R. El Barcelonès, El Baix Llobregat, El Maresme. Enciclopèdia Catalana 1992; 374
6 de juliol 1110-1126	Testament Guillem Ramon I, donació esplèndida a Sant Genís	- Pagès, M. Art romànic i feudalisme al Baix Llobregat. CECBLL 1992; 117 - Pladevall, A; Aceña, R. El Barcelonès, El Baix Llobregat, El Maresme. Enciclopèdia Catalana 1992; 375 - Baucells, J. El priorat de Sant Genís de Rocafort (Martorell) 2007; 27
30 Abril 1123	Es jura un testament al altar de Sant Joan de l'església de Sant Genís.	- Pagès, M. Art romànic i feudalisme al Baix Llobregat. CECBLL 1992; 118
1130/40	Inici de la construcció de l'església, gracies a la donació de Guillem Ramon I	- Pagès, M. Art romànic i feudalisme al Baix Llobregat. CECBLL 1992; 134 - Pladevall, A; Aceña, R. El Barcelonès, El Baix Llobregat, El Maresme. Enciclopèdia Catalana 1992; 377
1160/70	Finalització de la construcció de l'església	- Pagès, M. Art romànic i feudalisme al Baix Llobregat. CECBLL 1992; 134 - Pladevall, A; Aceña, R. El Barcelonès, El Baix Llobregat, El Maresme. Enciclopèdia Catalana 1992; 377
1176-1178	Testament de Guillem Ramon III, deixa el seu cos perquè sigui enterrat al monestir.	- Pagès, M. Art romànic i feudalisme al Baix Llobregat. CECBLL 1992; 121 - Pladevall, A; Aceña, R. El Barcelonès, El Baix Llobregat, El Maresme. Enciclopèdia Catalana 1992; 375
1205	Guillem Albert, fill de Guillem Ramon III, es enterrat a Sant Genís	- Pagès, M. Art romànic i feudalisme al Baix Llobregat. CECBLL 1992; 122
1226/28	Guilleuma, germana de Guillem Albert, es enterrada a Sant Genís	- Pagès, M. Art romànic i feudalisme al Baix Llobregat. CECBLL 1992; 122
Maig 1448	Terratrèmol que destruí les voltes de la nau, se'n salva la del presbiteri.	- Pagès, M. Art romànic i feudalisme al Baix Llobregat. CECBLL 1992; 124 - Pladevall, A; Aceña, R. El Barcelonès, El Baix Llobregat, El Maresme. Enciclopèdia Catalana 1992; 376

Fig. 1 Ficha histórica Sant Genís de Rocafort. Martorell Baix Llobregat. 2011. Monica Cortina

De cada iglesia se ha elaborado una cronología a partir del vaciado de documentos y de la bibliografía específica, siendo en el caso de Sant Genís de Rocafort:

Pladevall, A; Aceña, R. El Barcelonès, El Baix Llobregat, El Maresme. Enciclopèdia Catalana 1992; 374-375

Pagès, M. Art romànic i feudalisme al Baix Llobregat. CECBLL 1992; III.1.2.1: 110-134

Baucells, J. El priorat de Sant Genís de Rocafort (Martorell) 2007



Fig. 2 Sant Genís de Rocafort. Martorell 1912. Pobles de Catalunya-Fons Salvany Biblioteca de Catalunya,



Fig. 3 Sant Genís de Rocafort. Martorell Baix Llobregat. 2011. Monica Cortina

La documentación gráfica y fotográfica recopilada sobre cada iglesia se ha clasificado cronológicamente y completado con un reportaje fotográfico actual, lo cual ha permitido detectar graves situaciones de expolio y de rápida degradación desde el siglo pasado, como se aprecian en las fotografías de Sant Genís de Martorell.

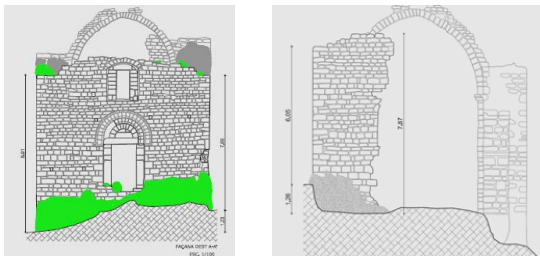


Fig. 4 Fachadas Sant Genís de Rocafort. Martorell. Baix Llobregat. 2011 Monica Cortina



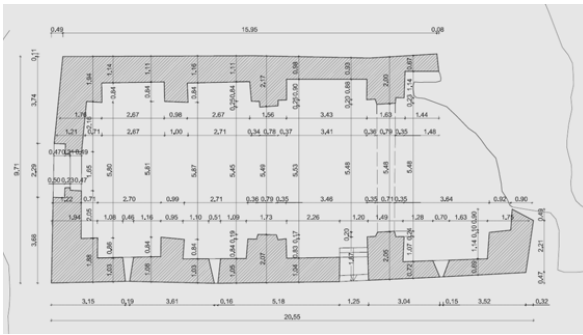


Fig. 5 Planta Sant Genis de Rocafort. Martorell. Baix Llobregat. 2011
Monica Cortina

La documentación gráfica consiste en el levantamiento de las plantas, alzados y secciones de cada edificio. Las plantas se han levantado por sistemas directos y las fachadas y secciones mediante rectificación fotográfica. La información de planos se ha completado con los montajes de la rectificación fotográfica de las secciones, lo cual permite apreciar el estado de la estructura y del estado actual del conjunto.

250

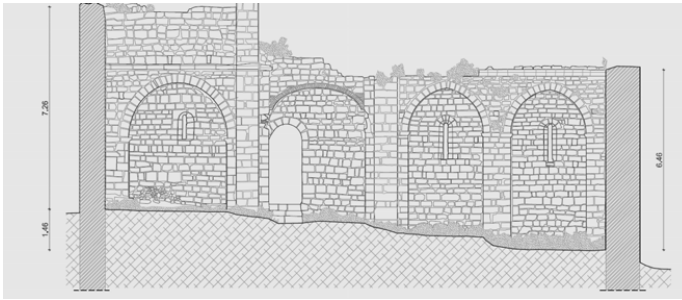


Fig. 6 Rectificación Sección. Sant Genis de Rocafort. Martorell. Baix Llobregat.
2011 Monica Cortina

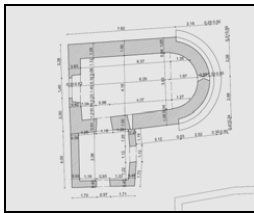


Fig. 7 Planta y Fotografía de Fachada Principal Sant Pere de Romani Molins de Rei. Baix Llobregat. 2011. Monica Cortina

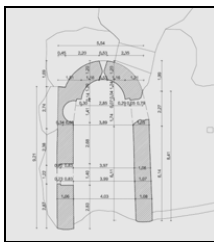


Fig. 8 Planta y Fotografía de Fachada Principal Sant Pere de Voltrega Abrera. Baix Llobregat. 2011. Monica Cortina

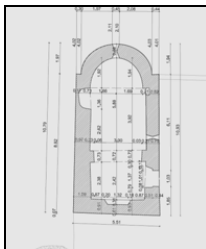


Fig. 9 Planta y Fotografía de Fachada Principal Sant Joan del Pla o de l'Erm La Palma de Cervelló. Baix Llobregat. 2011. Monica Cortina

La documentación básica de cada edificio se ha completado con detalles de los elementos estructurales, muros y huecos así como de las fichas de las principales patologías. Las lesiones en cerramientos son en general graves o muy graves y consisten en desprendimientos, grietas, expolio, hasta poner en peligro la estabilidad de la estructura en la mayoría de casos. La exposición a la intemperie agrava la situación y la degradación de los materiales con pérdida de masa de la piedra, abundante vegetación, erosiones del material superficial de los elementos constructivos son algunas de las patologías observadas, y que aceleran el proceso de degradación.

Los resultados finales han permitido elaborar unas fichas resumen de cada edificio, a modo de inventario afín de llevar a cabo una acción urgente de carácter provisional y que permitiría paralizar el rápido proceso de degradación y de expolio y salvaguardar el edificio hasta poder realizar intervenciones futuras.

El expolio del patrimonio inmobiliario es responsabilidad de las administraciones y de las instituciones encargadas de la conservación del patrimonio pero también es una responsabilidad colectiva, a la que hemos de dar respuesta a la vista de estudios como el impulsado desde el Taller de Patrimoni.



Referencias bibliográficas

- Aceña, R.; Pladevall, A. 1992 *El Barcelonès, El Baix Llobregat, El Maresme*. Enciclopèdia Catalana, 1992; pag. 374-375
- Barral, L. 2000 *Guia del Patrimoni artístic i monumental de Catalunya*. Editorial Portic
- Baucells, J. 2007 *El Priorat de Sant Genís de Rocafort* (Martorell)
- Buron, V. 1977 *Esglésies Romàniques Catalanes*. Artstudi edicions
- Crustafon, M. 1984 *Vida i mort d'un castell*. Museu d'Història de Sabadell
- Esteve, A. 1995 *Cervello i la Palma: Baix Llobregat. Guia del patrimoni històric-artístic*. Centre d'estudis i Divulgació del Patrimoni *Full informatiu del Romànic*. 1978 Artstudi edicions. Num.11
- Jorda, JM. 1985 *L'ermita de Sant Pere de Romani i el seu entorn*. Edicions Gràfiques Llopart
- Lichfield, Nathan. 1999 *The Urban and Regional Planning Requirements for a Cultural Heritage*. European Union Commission, Conference du programme Raphaël
- Llurba, J. 2004. *Nocions d'història de Cervelló*. Cervelló: Segle Nou; 40-41
- Margarola. 1974 *Butlletí d'Abdera*; febrero 1974 num. 27; enero 1974, num.26; marzo 1974, num. 28; abril 1974, num. 29
- Pages, M. 1992 *Art romànic I feudalism al Baix Llobregat*. CECBLL 1992; III 1.2
- Pages, M. *Pels antics llocs de la comarca. Sant Pere d'Abdera, Voltrega i Sant Hilari* . 8 y 9
- Pladevall, A; Aceña, R. 1992 *El Barcelonès, El Baix Llobregat, El Maresme*. Enciclopèdia Catalana
- Rotger, P. 1969 *L'art romànic de Catalunya*. Serie XVII
- Xaloc 1983-1984 *Butlletí informatiu*; septiembre 1983, num. 5; abril 1984, num. 11.6, mayo 1984, num. 12.4
- Museu de Martorell: L'enrajolada, Casa Museu Santacana
- Museu de Martorell: Museu Municipal Vicenç Ros
- Biblioteca Francesc Pujols de Martorell

LA IGLESIA DE SAN BARTOLOMÉ DE LA JANA EN CASTELLÓN

María Jesús MÁÑEZ PITARCH
José Teodoro GARFELLA RUBIO
Joaquín Angel MARTÍNEZ MOYA

Universitat Jaume I. Castellón.
Departamento de Ingeniería de Sistemas Industriales y Diseño.

Abstract text:

The parish church of "San Bartolome" of La Jana, in the region of Bajo Maestrazgo, in the province of Castellón, is located in the Plaza Mayor, the city's main square, opposite the town hall. It has the rating of Local Match for the Fifth Additional Provision of Law 5/2007 of February 9, 2007, of the Cultural Heritage of Valencia, Generalitat Valenciana.

The monument is included in a group of temples in the Valencian architectural period that starts in the late sixteenth century and ends in mid-seventeenth century, little studied and drawn up, being a step between the Gothic and Baroque. During this period, Gothic and Renaissance solutions, such as the covering with groin vaults, were combined. Works on the building began in 1622 and ended a century later, with the consequent introduction of Baroque elements. Within the same period, in the province of Castellón we can find the churches of San Vicente de Castellón, Vistabella del Maestrazgo, Villafranca del Cid, Vinaròs, Càlig, Traiguera, Chert, and Canet lo Roig.

Outwardly, it appears as an exempt building, with a rectangular floor, highlighting, in the west facade, the front door and the bell tower in the front line, of a square floor. Built with masonry and ashlar, the nave is covered with a tiled roof and gabled aisles with water to cover the spaces between the buttresses. Inwardly, it has three naves, with five sections, octagonal chancel and vestry.

Introducción histórica:

La localidad de La Jana, está situada en la Comunidad Valenciana al Norte de la provincia de Castellón, en la comarca del Bajo Maestrazgo, a 20 kms. de la costa (40 ° latitud N y 0° E). Linda al norte con los términos de Traiguera y de Canet lo Roig; al sur con Cervera del Maestre y Sant Mateu; al este con Traiguera y al oeste con Xert y Santa Mateu.

El nombre de la Jana, es probable que proceda del dios romano Jano, que aparece en uno de los cuarteles del escudo de armas de la población que corona los cuatro lados de la torre campanario adherido a la iglesia parroquial de la población.

En su término municipal podemos encontrar restos arqueológicos de los poblados iberos "Els Castelletts" y "Els Vllaroig".

De la época romana la información obtenida de los Vasos Apolnares podría confirmar la existencia de la mansión "Intibilis", situada junto a la Vía Augusta a su paso por La Jana. Este hecho que se podría ratificar por la sucesión de diversos hallazgos arqueológicos en la población (estatuilla de bronce de Hércules en la plaza Mayor) y en sus alrededores (sestercios, columnas de piedra, argamasa, restos de tejas y de cerámica romana). De gran importancia ha sido el hallazgo en la Bassa LLaurens, a unos mil quinientos metros de la población, de un miliario romano, que está ubicado actualmente junto a la iglesia parroquial (Ulloa, 1999, p.211).

De otras épocas históricas podemos encontrar una cripta de origen visigodo en el subsuelo de la iglesia. (<http://www.lajana.net>,2012).





Fig 1: Miliario romano . 2012. María Jesús Mañez

La Villa de La Jana, cuyo nombre ya menciona el célebre historiador y geógrafo Al Idrisi en 1147, estuvo en manos de los sarracenos desde el año 716 hasta principio del mes de octubre de 1233 cuando fue reconquistada por los cristianos. La población estaba integrada en el conjunto de propiedades de Cervera, que fue donado por Ramón Berenguer IV a la orden de los hospitalarios en 1157. Del mismo modo confirmaron la donación Alfonso II en 1171 y Pedro II en 1208. Quién finalmente hizo de la donación a favor de la Orden de San Juan, fue el rey Don Jaime el Conquistador, como consta en el Privilegio dado en Barcelona con fecha 23 de diciembre de 1235, según dice el manuscrito del Padre Verge (Simó, 1998, p.26).

Cuando en 1233 tomó posesión del Castillo de Cervera el maestre de la Orden del Hospital, aquél incluía lugares como San Mateo, Canet, Calig, Rosell, Xerer (Mas de Xirona), Traiguera con San Jordi (Mas de Estellers) y Xert con Molimar y Barcella, además de La Jana (García Valldecabres, 2010, p.65).

Una vez reconquistado, el lugar de La Jana, recibió entre los años 1235 y 1240 Carta de Población, que fue concedida por Fra Hugo de Fullalquer, Mestre de la Orden del Hospital y del Castillo de Amposta. Aunque conocemos este dato gracias a la recopilación efectuada por orden del maestre fra Romeu de Corbera en el *Libro de Poblaciones y Privilegios de la Orden de Montesa (1416)*, no aparece aquí la transcripción de la Carta de Población (Guinot, 1991, p. 148). Actualmente se sigue desconociendo la existencia de la misma, aunque sí se conoce el contenido de la Carta de Población del Carrascal (17 de abril de 1239), hoy en el término municipal de La Jana, donde se menciona la linde entre ambos lugares (Guinot, 1991, p. 146). A partir del año 1319 el Castillo de Cervera pasó a manos de la Orden de Montesa.

Fue el 11 de enero del año 1540, cuando el reverendísimo don Francisco Llançol de Romaní, maestre de Montesa, erigió en villa el lugar de La Jana ante el notario Antonio Borrás (Viciana, 1564, p.112). Hasta entonces no había estado ligada a Traiguera.

Felipe V honró a esta villa con el título de Fidelísima, por Real Decreto de 4 de marzo de 1709, añadiendo a sus armas una Flor de Lis.

Objetivos:

El principal objetivo del presente trabajo, es estudiar desde el punto de vista histórico, arquitectónico y metrológico, la Iglesia Parroquial de San Bartolomé que está incluida dentro de un conjunto de templos del periodo arquitectónico valenciano, al que algunos historiadores han denominado del Renacimiento Español Herreriano, el cual arranca a finales del siglo XVI y que finaliza a mediados del siglo XVII y cuya característica más relevante es estar a caballo entre los estilos arquitectónicos gótico y barroco. Este modelo de templo que combina recursos renacentistas con soluciones góticas, como la cubrición con bóvedas nervadas, se siguió en la construcción de numerosas iglesias de la provincia de Castellón durante la época mencionada. Entre ellas podemos mencionar las iglesias de San Vicente de Castellón, la de Borriol, de Vistabella del Maestrazgo, la de Villafranca del Cid, la de Benlloch, Useras, Vinaròs, Càlig, Traiguera, Chert, y Canet lo Roig.

En segundo lugar, pretendemos conocer datos más exactos sobre la construcción de la iglesia parroquial de San Bartolomé de La Jana, lo que nos ha sido posible gracias a la reciente publicación del manuscrito del Padre

Verge, que se creía desaparecido tras la pasada Guerra Civil de 1936, y a las publicaciones sobre el mismo tema realizadas por Manuel Milián Boix, Ferrán Olucha o Yolanda Gil.

En último lugar, intentaremos comparar la obra del tracista Juan Tell, arquitecto de ascendencia francesa que estaba trabajando durante estos años en la zona de Castellón y cuya obra como tracista en las iglesias de Vistabella del Maestrazgo, de La Jana, de Benlloch, de la ermita de San Vicente Ferrer en Catí y, posiblemente, las iglesias de Traiguera y Calig ha sido documentada por Ferran Olucha (Olucha, 2003, p.6) y Yolanda Gil (Gil, 2004, p. 435).

La Iglesia Parroquial de San Bartolomé.

La Iglesia parroquial de La Jana, dedicada a San Bartolomé, se encuentra situada en la Plaza Mayor, frente al ayuntamiento de la localidad.

Podemos suponer que, posiblemente, tras la rendición de los musulmanes, se construiría en la población un templo cristiano, de estilo gótico.

En el siglo XVI, la población habría aumentado hasta tal punto que en 1604 habría censadas 279 casas (o vecinos) y la iglesia estaría regida por trece eclesiásticos.

El templo, debido a este incremento de población, se había quedado pequeño y, además, presentaba un estado ruinoso, como atestigua Don Luis de Tena, obispo de Tortosa, en la visita pastoral que realizó a La Jana en 1619, considerando indecente el aspecto de la iglesia (Milián, 1968, p.67).

Aunque dos años antes ya se habían confeccionado las trazas por el arquitecto Juan Tell de Vistabella, después de la visita de Luis de Tena se pactó la obra entre la villa y los maestros Pedro del Sol y Juan Barreda el 23 de noviembre de 1621. Don Francisco Puig, Vicario General y visitador de este Obispado, puso la primera piedra el 16 de octubre de 1622. En enero de 1623, el maestro Pedro del Sol cedió la obra a Juan Barrera, quién la acabaría. El 23 de agosto de 1633, se bendijo la nueva iglesia, cuya primera fase de obra, formada por la nave principal, el presbiterio, la sacristía, el sagrario y la portada lateral (Sánchez, 1990, p.124), se concluyó en 1634, cuando debía haberse realizado en cinco años(Manuscrito Padre Verge).



Fig 2: Fachada y torre campanario. 2012. María Jesús Mañez

La segunda fase de la obra, en la que se debían construir la fachada principal y la torre campanario, fue adjudicada a los maestros Lorenzo Escobar y Miguel Garafulla de Torreblanca en 1696, desestimando así las trazas presentadas por el Padre Tomás Vicente Tosca (Sánchez, 1990, p.124). Dos años más tarde se colocó la primera piedra de la torre. En 1705, se tuvieron que interrumpir los trabajos de construcción, pese a estar la obra muy adelantada, a causa de la Guerra de Sucesión, librada entre los ejércitos de Felipe V y Carlos III, concluyéndose la segunda fase en el año 1740. Ya en 1791, se adosó al templo la capilla de la comunión.

Actualmente, en su parte exterior, el edificio aparece como semiexento, de planta rectangular; destacan en su fachada oeste la portada principal, de estilo barroco de dos cuerpos, y la torre campanario, de planta cuadrada y en línea a la fachada. Construida a base de mampostería y sillería, la nave principal posee cubierta



de teja a dos aguas; las naves laterales, cubiertas a un agua en los espacios entre los contrafuertes. En el lateral se conserva la portada renacentista de 1633, de puerta cuadrada, que está flanqueada por columnas planas toscanas y, encima de éstas, un entablamento clásico coronado por un ático triangular.



Fig 3: Portada lateral. 2012. María Jesús Mañez

En su interior el templo presenta tres naves de cinco tramos, un presbiterio ochavado y sacristías. En las naves laterales, más bajas que la central, encontramos diversas capillas comunicadas entre sí mediante arcos de medio punto, y separadas, las unas de las otras, por contrafuertes. La nave principal tiene pilastras toscanas sobre las que se apoyan los arcos formeros y los arcos torales de medio punto. Tanto la nave principal como el presbiterio se cubren con bóvedas nervadas estrelladas; así mismo, las capillas laterales están cubiertas con bóvedas de crucería simple. Las sacristías se comunican con el presbiterio mediante sendas portadas de estilo renacentista, formadas por arcos de medio punto que están flanqueadas por pilastras toscanas acanaladas situándose por encima de un entablamento clásico, hornacinas apechinadas, aletas en los flancos, siendo coronadas por un frontón partido. La luz entra en el templo a través de ventanales en forma de aspilleras abocinadas.

Tanto los arcos de medio punto que separan las capillas laterales, como las pilastras, los arcos formeros, los arcos torales, los nervios de las bóvedas de crucería y el altar mayor, con sus dos portadas renacentistas, están contruidos con sillerías de piedra caliza en tono grisáceo.

Estructuralmente, la nave central queda estabilizada por los contrafuertes de las naves laterales que sobresalen por la parte superior y al exterior de las capillas.



Fig 4: Interior de la iglesia. 2012. María Jesús Mañez



Fig 5: Bóvedas de la nave principal. 2012. María Jesús Mañez





Fig 6: Bóveda del presbiterio. 2012. María Jesús Máñez

Las trazas de Joan Tell.

Joan Tell se presenta como Arquitectus en un documento notarial que se conserva en el archivo municipal de Castellón. Está información junto a otras encontradas por Ferrán Olucha (Olucha, 1987, p.81) nos confirma el carácter de tracista de este personaje del siglo XVII.

En el presente estudio se han estudiado las trazas de la ermita de San Vicente de Catí, la parroquia de Nuestra Señora de la Asunción, en Benlloch, la iglesia de San Bartolomé en La Jana y la iglesia parroquial de la Asunción de Nuestra Señora en Vistabella del Maestrazgo, todas ellas trazadas por el arquitecto renacentista Joan Tell.

El estudio de las trazas ha permitido establecer las hipótesis de diseño original del edificio por el maestro o arquitecto. Así tras el estudio se ha comprobado que la obra del arquitecto Tell seguía las medidas del palmo valenciano, que corresponde a 23 centímetros (López, 2012). Así mismo, la solución del presbiterio, a excepción de la ermita de San Vicente, corresponde geoméricamente con un octógono. La proporción de las naves laterales respecto a la nave principal, se mantiene en todas ellas, siendo la longitud de la nave principal el doble de las naves laterales y el ancho de los tramos es el mismo, a excepción de la iglesia de Benlloch que utiliza dos medidas diferentes, esto provoca una cuadrícula perfecta en las trazas de los templos. La similitud de la solución común de bóvedas de crucería y su trazado, el orden toscano utilizado y los arcos de medio punto tanto en los arcos formeros, como en los arcos torales, completan el estudio de las semejanzas en la obra del tracista Joan Tell.

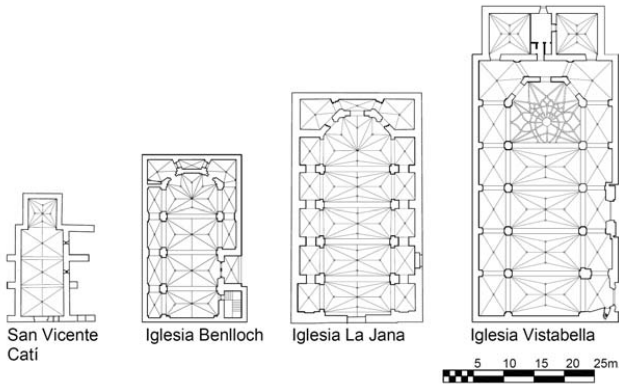


Fig 7: Trazas de las iglesias estudiadas. 2012. María Jesús Máñez

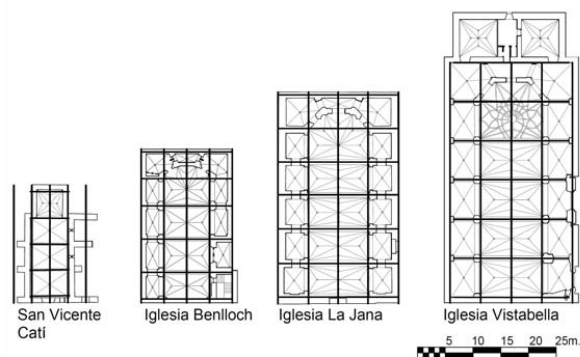


Fig 8: Cuadrícula sobre las trazas. 2012. María Jesús Máñez

Conclusiones.

Con todos los datos obtenidos podemos asegurar que la construcción de la iglesia de San Bartolomé de La Jana (Castellón), se construyó en tres fases sobre el mismo solar que ocupaba un templo anterior: la primera entre los años 1617 y 1634, la segunda entre los años 1696 y 1740 y la tercera en 1791. Esto provoca que aparezcan en el templo tres estilos arquitectónicos: gótico, renacimiento y barroco. Así, durante la construcción de la primera fase, que abarca la construcción de la nave principal, el presbiterio, la sacristía, el sagrario y la portada lateral, se utilizaron soluciones góticas para la cubrición con bóvedas nervadas y recursos renacentistas, para la parte más ornamental como pilastras y portadas. Para la construcción de la segunda fase y tercera fase, que incluye la construcción de la portada principal, la torre campanario y la capilla de la comunión ya se manejaron técnicas barrocas.

El estudio de la geometría de las trazas realizadas por Joan Tell y las semejanzas constructivas encontradas, permite en un futuro analizar otros templos que algunos historiadores apuntan que los podía haber realizado el mismo arquitecto.

Referencias bibliográficas:

García Valldecabres, Jorge, 2010, *La métrica y las trazas en la iglesia de San Juan del Hospital de Valencia*, tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

García Valldecabres, Jorge, López González, Concepción, Rodrigo Molina, Ángeles, 2010, 'La métrica y las trazas en la iglesia de San Juan del Hospital de Valencia', *Libro de actas del X Congreso Internacional de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación (APEGA 2010)*, Alicante.

Gil Saura, Yolanda, 2004, *Arquitectura barroca en Castellón*, Diputación de Castellón, Castellón.

Guinot Rodríguez, Enric, 1991, *Cartes de poblament medievals valencianes*. Generalitat Valenciana, Valencia.

La Jana, Ajuntament, 2012 *Historia de La Jana*, Ajuntament de La Jana, visitada el 28 de mayo de 2012, <<http://www.lajana.net>>.

López González, Concepción, García Valldecabres, Jorge, *El levantamiento, la metrología y la geometría*, visitada el 1 Junio 2012, <<http://www.sanjuandelhospital.es>>.

López González, Concepción, García Valldecabres, Jorge, *La instauración del sistema metrológico valenciano y Jaime I en la tradición medieval: los sistemas de unidades, las prácticas de control y los usos. El levantamiento, la metrología y la geometría*, visitada el 1 Junio 2012, <<http://www.sanjuandelhospital.es>>.

Martín de Viciana, Rafael, 1564, *Libro tercero de la Crónica de la ínclita y coronada ciudad de Valencia y de su reino: compilada por Martín de Viciana*, Casa de Juan Navarro, Valencia.

Milian Boix, Manuel, 1968 'El templo parroquial de la Jana', *Boletín de la Sociedad Castellonense de Cultura*, tomo XLIV, cuaderno II, pp.65-73.

Montolió Torán, David, Olucha Montins, Ferran, 2003 'El Temple Parroquial de Benlloch i el patrimoni desaparegut a la Plana de l'Arc', *VIII Jornades Culturals a la Plana de l'Arc, Castelló: Diputació*, pp.3-12.

Olucha Montins, Fernando Fco, 1987, *Dos siglos de actividad artística en la Villa de Castellón. 1500-1700 (Noticias documentales)*. Servei de publicacions Diputació de Castelló, Castellón.



Olucha Montins, Ferran, 1995 `Unes notes sobre el patrimoni desaparegut de Benloch i una aproximació a l'arquitecte Joan Tell', *Butlletí de l'associació cultural La Balaguera: Montornes*, número 5, pp.20-25.

Sánchez Adell, José, Rodríguez Culebras, Ramón, Olucha Montins, Fernando, 1990, *Castellón de la Plana y su provincia*. Inculca. Castellón.

Sarthou Carreres, Carlos, 1913, *Geografía General del Reino de Valencia. Provincia de Castellón*, Alberto Martín, Barcelona.

Simó Castillo, Juan B., 1982, *El Maestrat Históric*, Centre d'Estudis del Maestrat, Benicarló.

Simó Vallés, Pedro, 2005, *La Jana: Territorio y patrimonio histórico cultural*, Centre d'Estudis del Maestrat, Benicarló.

Torres Barrieras, Rosa, Tolós Verge, Rosa Elena, Gauxax Roca, Facundo, Balaguer Balaguer, Juan, Simó Alcacer, Miguel. *Transcripción del manuscrito del Padre Vicente Verge Zaragoza: "Noticia de la parroquial iglesia de la Villa Fidelísima de La Jana"*, Curso de Antropología Cultural de nuestro entorno, visitada el 27 Enero 2012, <<http://mayores.uji.es/blogs/antopsantmateu>>.

Ulloa Chamorro, Pilar, 1999 `Nuevo Milario de la Vía Augusta hallado en Castellón', *Quaderns de prehistòria arqueològica de Castelló*, nº20, pp. 209-220.

EL HORIZONTE EN LA MANO. EL PROCESO DE EXPRESIÓN EN LA OBRA DE JUAN NAVARRO BALDEWEG.

Enrique MARTÍNEZ DÍAZ

Universidad Politécnica de Valencia
Dpto. Expresión Gráfica Arquitectónica

Abstract

Graphic expression as an element to articulate the ideas that arise during the project design process is a determining factor, in the formal image of what is being designed.

The first sketches, the first ideas come from the hand of the project designer, loaded with an implicit symbolism that is sometimes hard for the observer to detect; they are intrinsic notions in the architect's gestural project design or the emotional state of the author.

Each one requires a different gestural process, which depends on the size of the support to be used and the elements available. But in the end, by means of whatever technique, the result of this direct brain-to-hand action always achieves the desired result.

That way to go, when you move from one room to another, from perception to the realization, focuses the genesis of the design process, developing through the forms of graphic expression used in its development.

Texto comunicación

La expresión gráfica como elemento articulador de las ideas que surgen en el proceso proyectual, es un elemento determinante, no sólo en la imagen formal de aquello que pretende ser proyectado, sino en la materialidad y composición de los elementos que organizan los volúmenes y espacios del proyecto arquitectónico.

Los primeros bocetos, las primeras ideas, surgen de la mano del proyectista, cargadas de un simbolismo implícito que a veces es imposible detectar por parte del observador, son nociones intrínsecas en la forma proyectual y gestual del propio arquitecto, que nacen del lugar, del entorno, de las condiciones del emplazamiento del objeto o del propio estado emocional del autor.

Cada uno requiere de un proceso gestual distinto, que viene en función del tamaño del soporte a emplear y de los elementos de que dispones. Pero al final, sea mediante una u otra técnica, el resultado de esa acción directa cerebro-mano, siempre arroja el resultado deseado.

Ese camino a recorrer, donde se pasa de una habitación a otra, de la percepción a la realización, concentra la génesis del proceso proyectual, materializado mediante las formas de expresión gráfica empleadas en su desarrollo.

Sea cual sea el método, la misión gestual y expresiva para mostrar las primeras ideas, nos puede llevar a priori, a enfrentarnos con uno u otro proyecto.

Desde el boceto a lápiz, donde la gestualidad inmediata, cerebro-mano, plasma los pensamientos y espacios generales a un papel en blanco, buscando esa idea global, esa forma inicial cargada de múltiples variables y metáforas encontradas, reduciendo el proyecto a su expresión más pura, más básica, sin ningún artificio que lo adorne, pero a su vez rotunda y cargada de simbolismo, hasta la elaboración de maquetas que nos van situando en la escala del proyecto, donde se van incorporando y cambiando elementos que nos van descubriendo los distintos horizontes, pasando por imágenes virtuales de reciente aparición, mediante programas informáticos que añaden ese realismo virtual a las composiciones a base de tramas y texturas.

Pero se trata de saber aplicar cada técnica gráfica en el momento adecuado y según en el estadio en el que nos encontremos, para no caer en el error fácil, de dar por finalizada una buena imagen, que poco estudiada en su contenido inicial, ofrece una visión falsa del proyecto arquitectónico.



Las intervenciones de Juan Navarro Baldeweg en la arquitectura contemporánea, aportan un dato más al proceso de la expresión gráfica en la arquitectura. Arquitecto, pintor, escultor, su trayectoria profesional nos dirige a un método de enfrentarse al proyecto de manera diferente a lo convencional.

Esta dualidad artística del arquitecto-pintor, que mantiene que se deben separar esas actividades o prácticas expresivas, aunque establezcan conexiones entre ellas, dice mucho de la metodología de actuación en la obra de Juan Navarro.

En una conversación con William J.R. Curtis, editada en la revista *El Croquis*, se plantea esa relación entre el cuerpo y el mundo que nos rodea, donde los factores externos forman parte de nuestra experiencia e influyen de alguna manera en nuestras decisiones, es como cuando te enfrentas a un espacio en blanco, papel o lienzo, el horizonte que aparece frente a nuestros ojos, siempre es el mismo, y debemos representar la idea que surge en nuestra mente y es la experiencia la que nos lleva mediante el gesto a materializarla, es como si la percepción actuara de hilo conductor del proceso, porque cada uno percibimos de diferente manera las fuerzas del mundo natural, y las plasmamos según nuestras propias leyes que requieren de un proceso gestual distinto, que viene en función del tamaño del soporte a emplear y de los elementos de que dispones. Pero al final, sea mediante una u otra técnica, el resultado de esa acción directa cerebro-mano, siempre arroja el resultado deseado.

Para Juan Navarro Baldeweg, (2006, p.6) esto se explica en la siguiente cita: "Soy muy consciente de que en mi caso es a través de la mano como se produce esa reinterpretación de la experiencia: en los gestos, las acciones e incluso los dibujos...Me gusta resumir esa situación con la expresión "el horizonte en la mano. En este caso, la mano, hace referencia a la transmisión de las ideas y la imaginación mediante el gesto. El horizonte no es tanto un horizonte literal como un espacio que expande la percepción y la energía a los alrededores"

A partir de ese momento son muchos los métodos a emplear para conseguir el resultado final, sea una imagen proyectual, una escultura o una obra pictórica. El proceso creativo es pues así, un deseo y un medio de expresión, Louis Kahn reflexionó sobre este vaivén creativo y denominó a sus puntos extremos "silencio" y "luz".

"El silencio es inconmensurable pero posee una voluntad de existir que determina la naturaleza esencial de las cosas", (NORBERG-SCHULZ, 1990, p.9), comentaba el arquitecto.

Si leemos la definición que da el Diccionario de la Real Academia de la Lengua, en su tercera acepción encontramos:

Silencio: "3. m. Falta u omisión de algo por escrito".

Con ello entendemos ese concepto tan abstracto donde cabe todo, pero sólo una cosa puede permanecer, sólo el pensamiento del artista, que se enfrenta a ese horizonte vacío, donde el subconsciente comienza a bombardear imágenes apoyadas por razonamientos más o menos lógicos y donde el proceso gestual del primer croquis, que se materializa con fuerza y con gran convencimiento, plasma la génesis del proyecto, para luego ser modificado una y otra vez.

En el camino, se pasa de una a otra habitación, porque la arquitectura, según comenta Juan Navarro, se hace en dos habitaciones, una de ellas no tiene existencia, pero bajo el prisma analítico es en ella donde se realiza el mayor trabajo y en la otra bajo el prisma de unas consideraciones físicas, se hace el proyecto, resultando la obra de arquitectura como la fusión de ambas; así es como ese ir y venir fue examinado por Louis I. Kahn, denominando a sus puntos extremos 'silencio' y 'luz'. Todas las producciones humanas se situarían en umbrales particulares de este recorrido del ir y venir de lo uno a lo otro, del silencio a la luz.

Volviendo al Diccionario de la Real Academia de la Lengua, podemos leer:

Luz: "6. f. Esclarecimiento o claridad de la inteligencia."

Es entonces cuando podemos entender ese esclarecimiento como el orden en el cual están dispuestas las cosas, la interacción final entre ellas que llega a convertirse en una fuerza intrínseca que las relaciona.

Citando a Juan Navarro (1993):

"La luz es clave, en este caso para entender la arquitectura de Louis Kahn. La luz revela la arquitectura. Es más, cabría decir que con la luz construye, al menos visualmente, la estructura que la pone de manifiesto."

Así encontramos que la inspiración está ligada a la luz como símbolo de comprensión y es en el umbral del comienzo donde silencio y luz se encuentran, el silencio como su deseo de ser y la luz como activadora de todas las presencias.

Una vez recorridas las dos habitaciones, se llega al resultado final y ese camino tortuoso que determina el proceso proyectual, tiene una voluntad de expresar, una voluntad de ser, citando a Christian Norberg-Schulz (1990, p.10): "Una obra de arte es la puesta en práctica de una vida. El arquitecto elige y decide expresar en espacios, ambientes y relaciones las instituciones del hombre. Hay arte cuando el deseo y la belleza de la institución se cumplen" y ese proceso de hacer Kahn lo denominó diseño.

Así pues ese concepto de "Horizonte" que se define en la obra de Juan Navarro lo podemos comparar con el concepto de "Institución" Kahniano, como el conjunto de los factores que dan comienzo al proceso compositivo y proyectual. La institución era para Kahn esa actividad humana que orientaba el proyecto desde el punto de vista de su significado civil y cultural, para una vez identificada llegar a ese esquema abstracto-formal donde se establecen sólo los elementos tipológicos y topológicos, sin tener en cuenta las dimensiones, y alcanzar así el menor número de elementos necesarios para definir una Forma de otra.

Todo ello, ese camino tortuoso donde cada cuerpo, cada molécula puede responder independientemente a las variaciones que se producen en su entorno inmediato, debido a las energías nuevas que van apareciendo cada vez que te planteas la solución final, hacen del proceso gestual el método para llegar.

Se trata de ir liberando energías, al igual que lo hacían los pintores del "action painting", donde el gesto del pincel, la forma de enfrentarse al lienzo, el estado de ánimo, iban condicionando las huellas pictóricas de aquellas obras que merecieron un lugar en nuestra historia.

Lo cita J.M. Bonet (1980, p.3) en su artículo "Fuente y fuga: Mapa" donde describe la trayectoria artística de Juan Navarro Baldeweg desde sus inicios, matizando las influencias de las corrientes pictóricas que influían en su obra:

"En 1961, ya lo tiene claro: el expresionismo abstracto americano constituye la región pictórica de mayor intensidad, el Norte sin el cual resulta imposible una pintura de vocación moderna"

La obra de Juan Navarro Baldeweg, tiene mucho de ese proceso gestual, de esa manera de aproximarse a la idea pre-concebida, de ese horizonte que serpentea, al igual que lo hace cuando te mueves en un tren y que atrapa todas las variables que van surgiendo a lo largo de su trayectoria, para conformar conjuntamente esa primera aproximación gráfica del boceto.

"Cada variable se hace visible mediante una activación que le es propia. Desde los años 60 las vengo llamando "estratos", y es una noción que procede de Brancusi", comenta Juan Navarro Baldeweg (1999, p.12), en una conversación que establece con Luis Rojo de Castro.

Pero existe un largo camino entre la idea preconcebida y los trazos originales de un proyecto, con las formas finales construidas. El taller de Navarro Baldeweg se convierte en un lugar de experimentación donde los primeros croquis y maquetas a distintas escalas exploran las ideas nucleares del proyecto, que absorbe las energías recíprocas entre lo nuevo y el espacio circundante, sus proyectos atraen al tiempo que intensifican la experiencia de un lugar, la lectura del emplazamiento incluye tanto los rasgos naturales como los artificiales y se adapta al entorno en forma de abanicos, porque para Navarro Baldeweg el abanico es una obsesión, como así lo reconoce en la entrevista con William Curtis publicada en El Croquis, tiene que ver con la geometría radial, pero también con ese tema básico del "horizonte en la mano", con lo abierto y lo cerrado, con la interacción de la gente que se mueve por las terrazas retranqueadas, pero donde también el usuario nos ve a nosotros como parte de esa interacción.

El Centro de Estudios y Museo de las Cuevas de Altamira (1994-1999), cerca de Santillana del Mar (Cantabria), revela algo de este enfoque, pues está organizado para adaptarse a la pendiente y a los contornos del terreno, orientando las vistas hacia el Norte, hacia el mar que se vislumbra a lo lejos. El proyecto se concibe desde lo lejos, desde su exterior, los primeros croquis nos introducen en un paisaje ondulante donde los trazos emergentes de los caminos que serpentean entre los campos circundantes, son parte importante en el proceso proyectual, se adaptan al terreno, ramificándose para encajarse dentro de la orografía, escondiéndose entre la vegetación de árboles donde se ubican las bolsas de aparcamiento de visitantes y el edificio como encajado en la tierra se organiza en forma de terrazas escalonadas que se asoman al paisaje.

La reproducción de las antiguas cuevas, con sus pinturas del Paleolítico, ocupan el volumen principal del proyecto, de ella nacen los dedos que forman el resto de del museo donde se alojan las salas de exposiciones temporales y permanentes, la sala de usos múltiples, la sala de actos y un restaurante que prolonga su uso al exterior.

Y eso vendría a colación con el término de horizonte como campo óptico, bien desde el exterior como del interior; las sensaciones que se producen al acercarnos al terreno donde proyectar, al pasar de una habitación a otra, es como si se abrieran diferentes campos ópticos, diferentes horizontes o panoramas que se presentan entrelazados y deben ordenarse para conseguir el equilibrio en el campo gravitatorio. Cada uno de ellos hace



relación a las variables a las que son afectadas, el horizonte visual, el gravitatorio, el de la percepción, situándose el sujeto entre ellos y el objeto. No es lo mismo el horizonte para el arquitecto, que quizá recoja muchas más variables, que el horizonte del pintor, que desde una posición más vertical frente al lienzo, percibe un horizonte más estático, pero que intenta envolver al espectador y encerrarlo en su habitación.

“de manera que la arquitectura es una especie de cruce de horizontes, es un cruce de variables físicas o energéticamente experimentables” (Navarro 2011, p.44)

Y esas energías se traducen en sensaciones al adentrarnos en ellas, aparecen ante nuestros ojos múltiples horizontes, en su alianza con lo construido, volviendo al tema del Museo de Altamira, el visitante comprende su descenso hacia las grutas, hacia lo desconocido, como si de un hallazgo se tratara, se convierten por un momento en el Indiana Jones de turno, a la espera de hallar lo que andaba buscando, conceptualmente se entiende su hallazgo como un teatro colgado para su representación, se ven los cables suspendidos que mantienen la reproducción de las pinturas, pero el horizonte sensorial es más fuerte y el visitante se siente atraído a ello.



Fig 1. Boceto Museo de las Cuevas de Altamira, Santillana del Mar, Cantabria. 1995. Revista El Croquis nº 133.



Fig 2. Boceto preliminar para el Concurso del Palacio de Congresos y Hotel de Mallorca, 2005. Revista El Croquis nº 133.

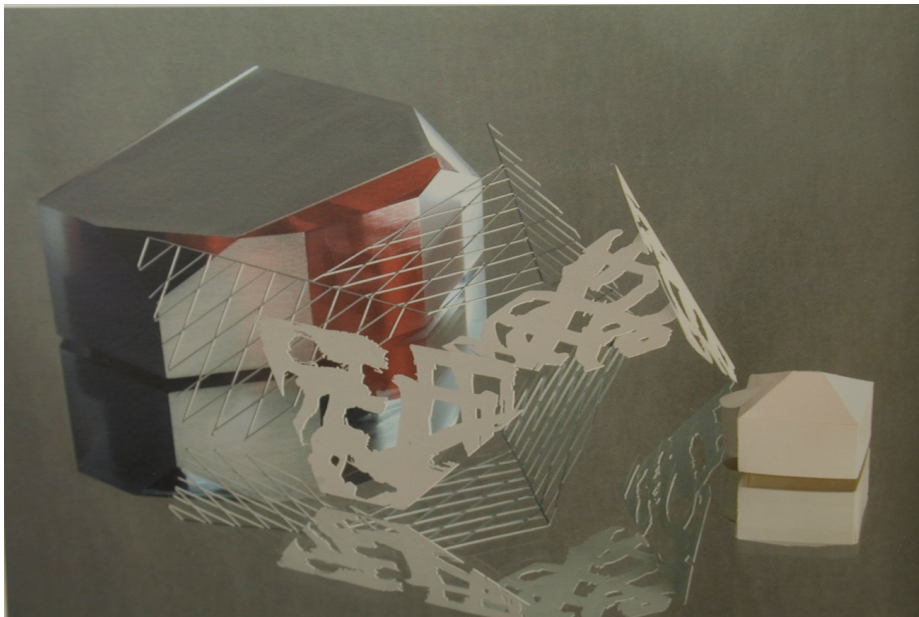


Fig 3. Maquetas para el Concurso del Palacio de la Música y de las Artes Escénicas de Vitoria-Gasteiz, 2002. Revista El Croquis nº 133.

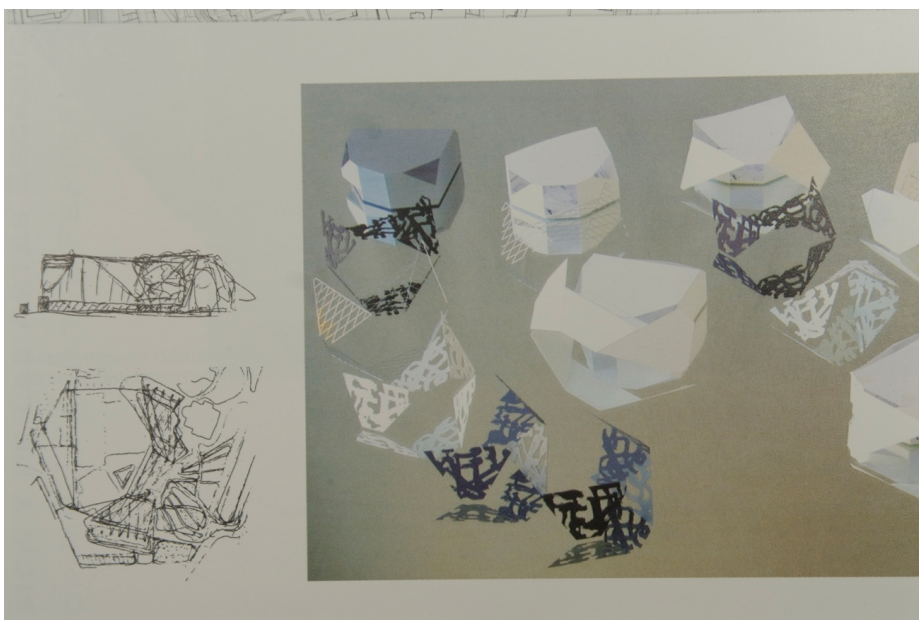


Fig 4. Maquetas para el Concurso del Palacio de la Música y de las Artes Escénicas de Vitoria-Gasteiz, 2002. Revista El Croquis nº 133.





Fig 5. Mesa. Piezas de mano y Caja de luz, 2004, *Escultura*, Catálogo Galería Marlborough Madrid.



Fig 6. Paisaje, 1994, Catálogo Galería Juana de Aizpiru, Madrid.

Referencias bibliográficas

Bonet, Juan Manuel, 1980, "Fuente y fuga: Mapa", en el catálogo de la exposición *Juan Navarro Baldeweg, Pinturas y piezas. 1979-1980*, Galería Buades, Madrid.

Colavidas Espinosa, Felipe, 1998, *Arquitectura y Ciudad. Al hilo de algunos escritos de Louis I. Kahn*, DPA ediciones (ETSAM), Madrid.

Curtis William, J.R., 2006, "La arquitectura como una intervención en un Campo de energías (una conversación con Juan Navarro Baldeweg)", *El Croquis*, nº 133, pp. 6-21.

Curtis William, J.R., 2006, "Teatros de Luz: La Arquitectura de Juan Navarro Baldeweg" en *El Croquis*, nº 133, pp. 22-38.

Kahn, Louis I., *Conversaciones con estudiantes*, 1998, de la publicación original Princeton Architecture Press, Nueva York, 2002, de la traducción, Editorial Gustavo Gili, Barcelona.

Lahuerta, Juan José, González García, Ángel, 1990, *Juan Navarro Baldeweg, obras y proyectos*, Electa, Milán, 1993, Sociedad editorial Electa España S.A., Madrid.

Navarro Baldeweg, Juan, 1977, *Revista Humo* nº1, pp.35

Navarro Baldeweg, Juan, 1993, "Del silencio a la luz" en *A&V Monografías. Louis I. Kahn*, nº 44.

Navarro Baldeweg, Juan, 1999, *La habitación vacante*, Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, Demarcació Girona, Editorial Pre-Textos, Valencia.

Navarro Baldeweg, Juan, 2011, *Conversaciones con estudiantes*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona.

Navarro Baldeweg, Juan, 2001, *Navarro Baldeweg*, Editorial Tanais, Sevilla.

- "Teatros de Luz: La Arquitectura de Juan Navarro Baldeweg" *El Croquis*, nº 133, pp. 22-38.

Norberg-Schulz, Christian., 1990, "El pensamiento de Louis I. Kahn" en *Louis I. Kahn, idea e imagen*, Xarait Ediciones, Madrid.

Rojo de Castro, Luis, 1999, "Conversación con Juan Navarro Baldeweg" en *La habitación vacante*, pp. 121-144.

Sabini, Maurizio, 1994, "Louis I. Kahn y el Libro Cero de la Arquitectura" en *Louis I. Kahn*, Ediciones del Serbal, Barcelona.

Exposiciones y Catálogos:

Navarro Baldeweg, Juan, 2000, *La caja de resonancia, Pintura reciente*, [exposición celebrada en] Galería Marlborough, Madrid, 22 marzo - 5 mayo, 2000 / [texto de Enrique Juncosa]. Edita Galería Marlborough, Madrid.

Navarro Baldeweg, Juan, 2002, *Obra reciente*, [exposición celebrada en] Galería Marlborough, Madrid, 21 de mayo - 22 junio de 2002 / [texto de Juan Manuel Bonet]. Edita Galería Marlborough, Madrid.

Navarro Baldeweg, Juan, 2004, *Escultura*, [exposición celebrada en] Galería Marlborough Madrid, 22 de abril - 22 de mayo de 2004 / [texto de Ángel González García]

Navarro Baldeweg, Juan, 2005, *Recent Paintings*, [exposición celebrada en] Galería Marlborough, Madrid, 24 de marzo - 23 abril de 2005 / [texto de Enrique Juncosa]. Edita Galería Marlborough, Madrid.

Navarro Baldeweg, Juan, 2007, *En verde y plata*, [exposición celebrada en] Galería Marlborough, Madrid, 18 de octubre - 17 noviembre de 2007 / [texto de Estrella de Diego]. Edita Galería Marlborough, Madrid.

Navarro Baldeweg, Juan, 2010, *Pintar, Pintar*, [exposición celebrada en] Galería Marlborough, Madrid, 16 de septiembre - 16 octubre de 2010 / [texto de Iván López Munuera]. Edita Galería Marlborough, Madrid.



DIBUJANDO LA ARQUITECTURA OLVIDADA:

LAS DEFENSAS MILITARES DE LA GUERRA DE 1936-39

Andrés MARTÍNEZ-MEDINA

Universidad de Alicante
Departamento de Expresión Gráfica y Cartografía

Summary

A decade before there was getting up the 'Atlantic Wall', there was executed a system of defenses along the Mediterranean coast in Spain (1936-39). The recovery of the same constructions (both of his graphical documents and of the constructed works that stay in foot) and his putting in value it can help to consolidate an own memory of the 20th century. This work considers to inventory, to measure and to draw the planes of these architectures to fix the memory that is diluted by the erosion of the time.

The military pieces place in many borders: are these properly architecture? These are walking between two epochs: the one that perpetuates the epic acts in opposite to the one that shows the disasters in order that they do not forget. They are the most modern ruins of our history. In this process of reconstruction of the memory, there turns out to be crucial the graphical restitution. The drawing is a source of knowledge and demonstrates facts that were constructed.

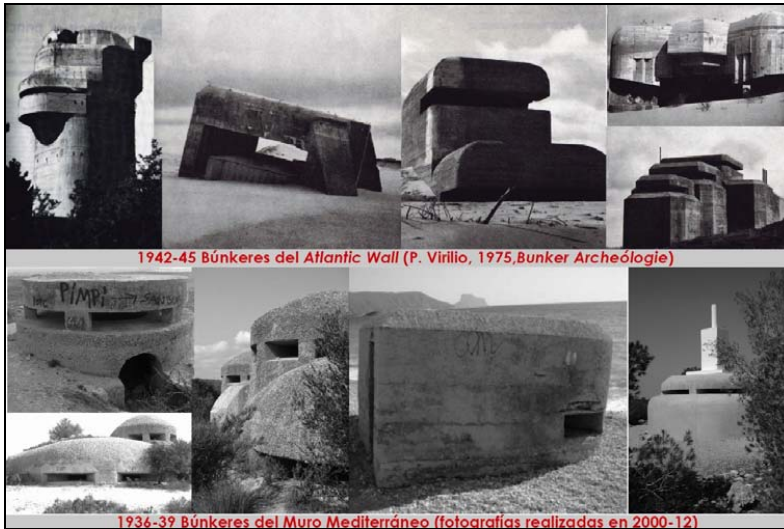


Fig. 1. Arriba: 1942-45, Búnkeres del Atlantic Wall. Abajo: 1936-39, Búnkeres del Muro Mediterráneo.

1.- INTRODUCCIÓN: guerra y paz, refugios y fortines, artefactos e ingenios

"La guerra es bella, ya que crea arquitecturas nuevas como la de los tanques, la de las escuadrillas formadas geoméricamente, la de las espirales de humo de las aldeas incendiadas y muchas otras..."

F.T. Marinetti, ca. 1912

Solemos efectuar una asociación inmediata entre guerra y destrucción, idea que hacemos extensible a casi todos los campos, excepto al de la producción de armas y equipo bélico. Si hay guerra, pues, no se emprende arquitectura. Pero no es así. Los conflictos armados requieren de construcciones que se erigen tanto en tiempos de paz como en tiempos de guerra. Toda guerra del siglo XX ha producido como mínimo dos tipos de artefactos específicos para sus demandas: refugios para la protección y fortines para la defensa de ciudades y su territorio. Estos últimos se resuelven como máquinas en posición de defensa y al aún más sofisticado armamento. Máquinas estáticas –arquitectura– y dinámicas –ingeniería– están en continua interacción. Es en este proceso del 'arte de la guerra' donde se encuadra el conjunto de defensas que se construyen por toda la

La guerra que protagonizó España entre 1936 y 1939 puede entenderse como un eslabón más de la cadena de violencia que supuso la continua "Gran Guerra Civil" europea (De la Flor 2000) que convirtió el continente en un gran teatro de operaciones bélicas durante tres décadas (1914-45). Desde las trincheras de la primera guerra mundial hasta la planificación del *Atlantic Wall*, tiene lugar una continua evolución y adaptación de las defensas que se construyen a las cada vez más elaboradas tácticas de invasión y al aún más sofisticado armamento. Máquinas estáticas –arquitectura– y dinámicas –ingeniería– están en continua interacción. Es en este proceso del 'arte de la guerra' donde se encuadra el conjunto de defensas que se construyen por toda la

geografía española durante su conflicto, llegando a constituir por la distribución de las piezas el que denominamos "Muro Mediterráneo" (Fig. 1). Es obvio que lo sucedido en España no se considera un caso aislado, sino enlazado a una historia de más larga duración.

En este contexto resulta interesante descubrir las relaciones que guardan las formas arquitectónicas como respuesta al poder destructivo de la munición. La arquitectura, desde su primitiva misión de protección, ha definido históricamente sus contornos en atención a oponer la máxima resistencia al poder ofensivo del enemigo. Entre forma arquitectónica –respuesta– y función balística –pregunta– se han perfilado gráficas óptimas de relaciones eficaces. No son objeto de la presente reflexión ni el porqué de la guerra, ni los aspectos estéticos que se pudieran derivar de las ruinas que quedan en pie (porque eso son las ruinas: obras que ya no se usan, al margen de su estado de conservación). Aquí nos interesan las certezas que aporta la ciencia del dibujo cuando se erige en la herramienta capaz de restituir los planos y mapas que la urgencia de los acontecimientos impidió se conservaran. Todo ello con el fin de registrar y documentar las defensas que todavía pueden construir una memoria que el tiempo borra dada su fragilidad.

Un cambio cultural que atestiguan los desastres de esta gran guerra fue la idea compartida de que los monumentos ya no debían serlo sólo a los hechos heroicos –individuales– y a las hazañas épicas –colectivas–. Un sentimiento de culpabilidad acompaña a la humanidad desde entonces. Entre los cementerios proyectados por Lutjens en Francia (1920) y el Centro de la Paz en Hiroshima de Tange (1950) se consolida una nueva conciencia sobre la vergüenza de lo acontecido que se refleja, antes, en la obra nueva conmemorativa y, después, en los vestigios que fueron escenario de las contiendas. Los restos arquitectónicos del pasado atroz se vuelven reliquias que conservar para perpetuar el recuerdo y que estos no caigan en el olvido. Seguramente sea el filósofo P. Virilio quien, desde 1958, contribuyó a valorar los búnkeres de la II guerra mundial diseminados por la geografía, volviendo arqueología lo que fue arquitectura (Virilio 1975). Bandos militares a parte, las arquitecturas de las guerras contemporáneas presentan rasgos plásticos que las catapultan a convertirse en un memorial. Al igual que otras muchas obras ya obsoletas producidas tras la revolución industrial, amplían el espectro del patrimonio arquitectónico por sus valores antropológicos. De esta nueva sensibilidad entran a formar parte las defensas de la guerra de España que no han sido suficientemente valoradas (Martínez 1997).

2.- OBJETIVOS: inventariado, documentado, levantamiento y análisis del Muro Mediterráneo

"El carácter destructivo sólo conoce una consigna: hacer sitio; sólo una actividad: despejar. (...) Destruir rejuvenece, ya que aparta del camino las huellas de nuestra edad".

W. Benjamin, 1931

Esta comunicación contribuye a la catalogación y conservación como bienes de interés cultural el conjunto de defensas de la guerra civil española al mismo nivel que lo están todas las arquitecturas militares anteriores al siglo XX. ¿Acaso existe, más allá de la edad, alguna diferencia sustancial entre el sistema de torres vigía del siglo XVI y la malla de defensas del siglo XX, ambas redes de vigilancia e información? Para lograr este propósito se procede de un modo objetivo: aquello que se pretende preservar previamente se ha de investigar. Se sigue así un método científico asentado desde la Ilustración y que F. Choay (2007) resume en: 1º) descubrir (y valorar), 2º) inventariar (y clasificar), 3º) estudiar (sistematizadamente) y 4º) proteger (según el contexto). No se valora aquello que se desconoce. Conocer exige inventariar y clasificar. Para clasificar se requieren datos mensurables que se obtienen del dibujo de las piezas.

Nuestro ámbito de investigación se limita al sureste español y toma como base Alicante. El conjunto de búnkeres situados sobre las carreteras de acceso a la ciudad y los apostados sobre toda la costa forman parte de un sistema más extenso que pretendía blindar el litoral frente a los ataques por tierra, mar y aire. Esta red de elementos constituye un fragmento del Muro Mediterráneo, levantado por el ejército republicano en el trienio de guerra y se extiende desde Cádiz hasta Gerona. Este trabajo es un avance de una investigación que pretende documentar todas las arquitecturas militares del conflicto. El conjunto de ruinas actuales está constituido por una red de construcciones que incluía búnkeres, blocaos, depósitos, trincheras, casamatas, nidos, baterías, puestos de mando, observatorios y otros tantos tipos de fortines que se desparramaron por el territorio configurando una malla cuyos nodos ocupan posiciones relevantes de la topografía atendiendo a leyes tácticas de control del despejado espacio bélico. Este diseminado militar anticipa la ulterior dispersión de las actuales metrópolis, insinuando una estrecha relación histórica entre guerra y ciudad: los planteamientos de la arquitectura militar se trasladan con posterioridad al planeamiento urbano. De siempre, la arquitectura militar se ha situado por delante de las ciudades, primero acorazándolas para, después, alejarse de ellas y, finalmente, emplazarse en el entorno porque ya no se conquistan urbes, se domina el territorio.

La localización de las piezas nos permite su observación, inventariado, medición, alzamiento, escalado y diseccionado en su geometría y en su materia, restituyéndolas a facsímiles de los planos originales. Estos dibujos permiten clasificar y comparar los distintos elementos, tarea especialmente relevante en una arquitectura cuyo desarrollo corre a la par que la difusión y afianzamiento de la arquitectura del movimiento moderno. ¿Existe alguna relación entre esta última, resultado de la interacción de distintas vanguardias arquitectónicas, y las defensas militares? Estas piezas, en principio, tan lejanas a la arquitectura moderna, aunque sólo sea por su nula vinculación teórica y mediática con ella, han sido sugeridas como "iconos de la modernidad" (Postiglione 2008)



por sus formas cernanas a algunos imaginarios de vanguardia y por el material con que se han contruido: hormigón armado. Poner en paralelo sus características de forma y espacio, función y tiempo, y técnica y materia, puede precisar las relaciones que guardan entre ellas. Este análisis se efectúa sobre los restos del Muro Mediterráneo para fundamentar su valor cultural más allá de lo histórico y lo antropológico, desde la interacción de los procesos de industria y arquitectura.

Esta investigación abarca cuatro objetivos. Primero: el descubrimiento mediante trabajos de campo y de archivo para el inventariado. Segundo: el conocimiento a través de los levantamientos que se documentan. Tercero: el estudio y análisis mediante la clasificación y comparación de las piezas reducidas a geometría y materia. Y cuarto: su propuesta de protección en atención a los valores disciplinares en relación al concepto de arquitectura moderna, que evidencian la *kunswollen* de su época ya que "Jamás se da un documento de cultura sin que lo sea a la vez de la barbarie" (Benjamín 1973). El estratégico diseminado facilita su conservación y su condición telúrica evoca la proximidad de sus fines: preservar la vida a costa de la muerte. Estos emplazamientos han sugerido que las piezas se camuflen entre los relieves y se fundan con el terreno, desdibujando los frentes de batalla que se desplazaban ante la aviación y estaban trazados mediante estas defensas. Mojoneres que definen las fronteras físicas móviles y se sitúan en otras fronteras: ¿son arquitectura o ingeniería? Y si son arquitectura ¿lo son moderna? Es más ¿son propiamente arquitectura si a esta se le supone hecho habitable que trasciende lo constructivo? Las respuestas no son inmediatas ni simples porque se trata de una arquitectura de fronteras tangibles que traza sus propios márgenes disciplinares.

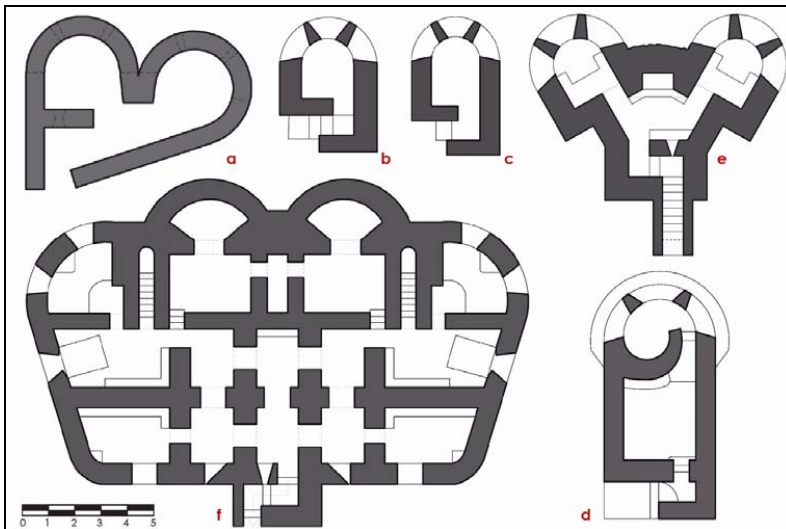


Fig. 2. Búnkeres del Muro Mediterráneo en la costa: (a, b, c) Tamarit, (d) cabo Santa Pola, (e, f) Clot de Galvany.

3.- CONTENIDO: el Muro Mediterráneo y las relaciones entre sus defensas y la arquitectura moderna

¿No se alimentará la complacencia en el mundo de las imágenes de una obstinación sombría contra el mundo del saber?"

W. Benjamín, 1931

Dos partes diferenciadas integran el grueso del contenido. Una primera relativa a los trabajos de campo: la geografía barrida y las arquitecturas inventariadas, medidas y dibujadas. Y una segunda relativa a los datos que se desprenden del análisis y estudio de dichas piezas y su relación con su entorno, así como su comparación respecto de los principios de la arquitectura moderna.

3.1.- Los trabajos de campo: los restos del Muro Mediterráneo en el sureste de España

La geografía barrida por los trabajos de campo para descubrir e inventariar las defensas del Muro Mediterráneo se localiza en la ciudad Alicante y en parte del frente marítimo de esta provincia. Varios son los parajes en los que se han encontrado piezas que pueden agruparse en dos situaciones geográficas: las vías de acceso a la última capital republicana y la línea de costa urbana y rural del litoral. En los enclaves del frente costero, y de sur a norte (Figs. 2 y 3), descubrimos los asentamientos del Tamarit (3), puerto de Santa Pola (1), Clot de Galvany (8), playa de Babel (1), serra Grossa (2), cabo de Huertas (3) y playas de Altea (2). En los enclaves junto a las carreteras nacionales de Madrid y Murcia (Fig. 4) tenemos los asentamientos del Portichol (6), Rabasa (2), Torrellano (1) y parte de los elementos del Clot de Galvany (6). Este inventario inicial suma 28 piezas sobre la costa y 18 piezas junto a las infraestructuras, lo que supone un total de 46 elementos.

El apoyo para localizar las diferentes piezas ha tomado como base distintas informaciones bibliográficas y de hemeroteca dispersas sobre estas arquitecturas de la guerra y parte de su razón de ser: los bombardeos aéreos.

Especialmente relevantes para el rastreo son los planos relativos a los objetivos urbanos de la aviación italiana (Martínez 2005), los del armamento en el litoral del País Valencià (Aracil, Villaroya 2010) y los del inventariado de construcciones y armas realizados por el ejército nacional al final de la contienda (García 2000). En este último resulta significativo que en el listado de defensas (1940) se efectúe una división tipológica por usos (baterías de costa frente a nidos de ametralladoras) y que estas últimas se clasifiquen por el número de aspilleras (de 3, 4 o 6) denotaría la importancia del campo visual de tiro facilitado por las rasgadas horizontales que barren el espacio bélico en ángulos que oscilan entre 135 y 225 grados (llegando a los 360). También han servido de gran ayuda los planes generales o especiales, así como y el del Clot de Galvany en Elche (Tabar 2011).

3.2.- Relaciones entre las defensas de la guerra y la arquitectura del movimiento moderno

Para tratar de delimitar las distintas fronteras en que se deslizan estas arquitecturas del Muro Mediterráneo respecto de su coetánea del movimiento moderno, procedemos a un análisis comparativo entre las características comunes de estas defensas y lo que los diferentes manuales de la historiografía sobre la arquitectura del siglo XX definen como propias de la misma. Ponemos en relación tres pares de aspectos básicos que perfilan las fronteras del espacio, el tiempo y la materia entre ambas arquitecturas.

A.- Forma y Espacio

Probablemente estos sean los aspectos en los que más distancias hay entre la arquitectura del movimiento moderno y la de las defensas militares. Si hay una característica por la que se define el espacio moderno, ésta es su isotropía, lograda por el empleo del nuevo sistema de estructura porticada que prevé la carencia de direccionalidad en el interior y libera tanto a las particiones como a la envolvente de misiones resistentes; ello se traduce en exteriores livianos, apariencia que no consiguen las piezas militares. Las defensas no sólo transmiten la imagen de macizos y casi inexpugnables fuertes, es que lo son. La prueba más cuantificable es que la superficie opaca se extiende por el 90% de su piel. Que las aspilleras sean horizontales, recorran el frente y se sitúen a la altura de los ojos, tiene más que ver con un objetivo táctico (abarcar la máxima visión con la mínima abertura) que con un criterio conceptual de apropiación del paisaje circundante para atraerlo al interior y prolongar así el espacio del hábitat, algo difícil de conseguir por la propia condición de muro continuo. Que los medios mecánicos de visión y observación (desde los anteojos al cine) se aproximen al modo de ver humano asemeja una evolución lógica. Más que como artefactos que contemplan el horizonte, estas defensas hay que entenderlas como ingenios que otean el territorio blindadas por una coraza. Su forma es cerrada y compacta.

Una cuestión derivada es la compartimentación. Mientras los espacios modernos tienden a posibilitar, desde la neutralidad de sus retículas, la versatilidad del interior, los búnkeres presentan habitáculos delimitados y rígidos, definidos por muros que también son estructura y ayudan a aumentar la resistencia frente al impacto de la munición. Los interiores se defienden de la agresión gracias a la contribución de los muros que compartimentan el espacio en salas de menores dimensiones. No hay independencia entre elementos portantes y tabiques para la diaphanía, sino presencia de muros que dividen el espacio en diminutos cuartos casi sagrados. Estos búnkeres se aproximan más a la acertada expresión que se refiere a ellos como "pequeños templos sin religión" (Postiglioni 2008).

La coincidente desornamentación que caracteriza a ambas arquitecturas (moderna y militar) poco tiene que ver, en el caso de las defensas, con ninguna convicción estética rupturista, sino que forma parte de una larga tradición de la arquitectura militar en la que los contornos están desprovistos de añadido alguno que merme su eficacia o no contribuya a su fin. Utilidad y economía en las formas es un precepto que siempre han seguido las arquitecturas utilitarias, máxime las militares. De hecho, las características formales y espaciales de estas arquitecturas olvidadas no se asemejan las producidas por la vanguardia de la nueva objetividad (que definió la arquitectura como la fórmula científica de función por economía), aunque sí hayan coincidencias de alguna de estas siluetas con bocetos visionarios futuristas o algunas obras construidas expresionistas.

B.- Función y Tiempo

Un axioma del movimiento moderno es que la función determina la forma, que es el programa de necesidades el que define la agrupación de las partes del modo más eficaz posible al fin propuesto. Los fines de estas defensas están fijados *a priori*, no es ni cualquiera ni genérico y, aunque hoy los veamos sin personas y sin equipo bélico, fueron diseñadas y construidas a la medida de un rango preciso de armamento (ametralladoras y cañones de diferentes calibres) (Manrique 2006), como variantes de un tipo que se dibuja a medida de una determinada arma. A pesar de que desconocemos sus planos originales y los manuales de referencia, los nombres de los mismos a base de siglas y números que recogen los inventarios recientes del *Atlantic Wall* (Rolf 1985) sugieren que estos búnkeres están concebidos más como piezas industriales que como útiles artesanales. Antes que arquitecturas, desde los planos, asemejan objetos técnicos milimétricamente detallados y acotados: prototipos pensados para ejecutarse en hangares industriales y trasladarse a su emplazamiento definitivo, en principio, ajenos a él. Son máquinas petrificadas por el hormigón y como tales máquinas fueron perfiladas: ajustando la forma a las exigencias de la función armamentística que cumplían.



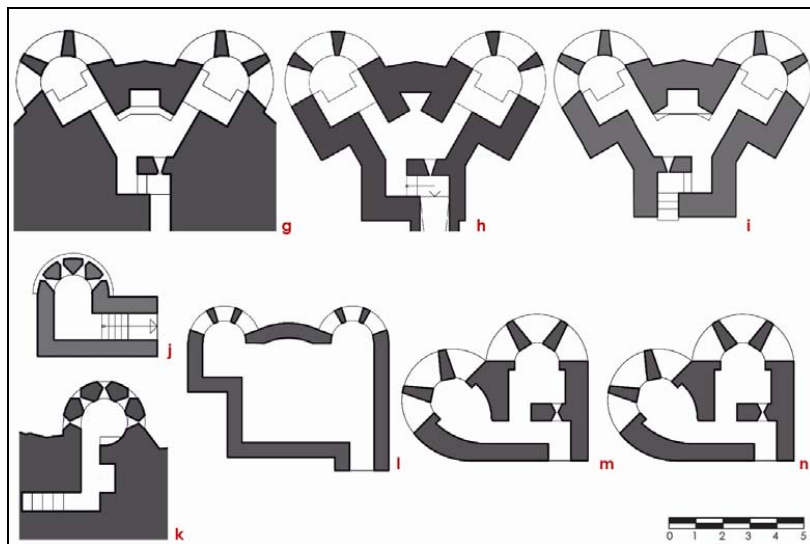


Fig. 3. Búnkeres del Muro Mediterráneo en la costa: (g, h, i, j, k) Clot de Galvany, (l) Babel, (m,n) Altea.

Todas estas defensas disponen su fenestración en círculo hacia el campo de donde se espera la llegada del enemigo mientras se cierran o entierran en la parte posterior. Anchos muros, estrechas aberturas, gruesos techos y sólidas cimentaciones refieren con rotundidad su fin: estas arquitecturas están preparadas para repeler con fuego la incursión enemiga y están hechas a prueba de bombas; todas las contiendas de la gran guerra civil europea se saldaron con muchas muertes y con poca destrucción de búnkeres. Sus reducidos espacios están a la medida exacta del armamento con que se equipaban (para su giro, su manejo, su munición) y sus considerables espesores lo son para amortiguar todo tipo de impactos y explosiones. Es probable que estas piezas fueran diseñadas mediante cálculos del efecto de proyectiles y diagramas de resistencia del hormigón armado. Mayor acople de solicitaciones y respuestas es difícil de encontrar en toda la historia de la arquitectura, porque las construcciones militares siempre han sido funcionales, extremadamente eficientes.

En el caso de las defensas del Muro Mediterráneo se detecta un nivel de sencillez en su geometría y una escasa ambición en sus dimensiones frente a sus homólogas alemanas, mucho más elaboradas, sofisticadas y potentes. La explicación podemos encontrarla tanto en el hecho de que las españolas se ejecutaran años antes como en las circunstancias en que se llevaron a cabo: mientras el *Atlantic Wall* fue previsto con tiempo y construido por una Alemania poderosa, en España se construyeron con precariedad y con una mano de obra que estaba a su vez en el frente y en la retaguardia. De aquí que no todas presenten homogeneidad de formas, dimensiones, espesores y acabados, porque las prisas por su conclusión hicieron que fueran varios los equipos responsables de los replanteos sin controlar la ejecución. Los planos que sirvieron de base y los libros de referencia de los ingenieros zapadores se desconocen, pero forman parte de la bibliografía especializada de la época como atestiguan los editados por otros ejércitos en sus labores de espionaje de las potencias enemigas (Military Intelligence Division, 1943). Es evidente, a través de las geometrías de los levantamientos, que las defensas responden a patrones de manual, que están diseñadas como piezas industriales ajustando las formas a las exigencias bélicas y están pensadas para su producción en serie aunque a ejecutar *in situ*. Seguramente nunca la función determinó tanto la forma como cuando de salvaguardar la vida de sus ocupantes se trataba como única garantía de control del territorio. Son, tanto o más, objetos industriales que piezas de arquitectura.

C.- Técnica y Materia

Así, pues, los modelos se repiten y aproximan en sus formas de una zona a otra, si bien presentan distintos patrones y soluciones. Que hubo un profesional en el origen, detrás de cada uno de los asentamientos que se contruyeron con la urgencia que exigían los desastres bélicos es una cuestión que se pone de manifiesto en las depuradas geometrías recurrentes: prismas y cilindros sirven, correlativamente, de protectores y de visores. Defensas que no habrían estado listas en tiempo y no habrían sido tan eficaces de no haber empleado básicamente hormigón (en masa y armado), un material maleable de fácil puesta en obra, lo que permite conseguir los moldeados de los distintos diseños de los ingenieros. La resistencia es la razón de ser de estos objetos que cambiaron de bando sin a penas sufrir daños materiales, por lo que se empeñan en soportar el paso del tiempo cuyas huellas surcan con grietas sus acorazadas pieles. Los búnkeres son obstinadas ruinas ahora que carecen de destino.

El hormigón es la materia que da corporeidad. Un material que nace a finales del siglo XIX y que los protagonistas del movimiento moderno proponen como materia idónea para conseguir los ideales de la 'arquitectura nueva' al servicio del 'hombre nuevo' para un 'nuevo orden social'. Es, precisamente, la apariencia sólida la que genera este imaginario de 'monolitos modernos' según Virilio, aunque no parece probable que los arquitectos vanguardistas pensasen en la larga durabilidad como un fin. Más bien, el empleo del hormigón se preveía para estructuras más fácilmente destruibles cuando el edificio hubiese consumido el período de su vida útil, cuando el uso inicial hubiese desaparecido o la solución ya no sirviese adecuadamente a la función primitiva. El hormigón dotaba de resistencia a las defensas militares y las volvía más duraderas, hecho que no interesaba al movimiento moderno que pensaba en la sustitución de la arquitectura tras la obsolescencia funcional o técnica.

Sin embargo, la larga vida de estas arquitecturas, que las hace trascender y perdurar hasta nuestros días (y con un longevo futuro por delante hasta que como ruinas se reintegren a la naturaleza), no es una característica que esté en su génesis. Su génesis es más sencilla e inmediata: piezas que garantizaran su uso militar, lo que se conseguía mejor con hormigón, por su monolitismo. La larga vida es un efecto colateral no prioritario. Las arquitecturas olvidadas de la gran guerra civil europea han trascendido la barrera del tiempo planificado gracias al material con que fueron ejecutadas. En realidad deberían haber sido destruidas una vez terminados los conflictos, pero su mantenimiento transformaba la función inicial de los búnkeres de centinelas a guardianes prolongando el imperio del miedo, ya que quien era dueño de estas estructuras también lo era de los destinos. Ahora, vacías de soldados y armamento, se da una paradoja: no deseamos respetar estos axiomas apriorísticos destruyéndolas toda vez que han cumplido su doble misión (vigilar y amedrentar): no deseamos borrarlas del relieve del territorio ni de la envolvente de la memoria común.

Un último aspecto que no se debe pasar por alto es la habilidad de camuflaje de muchas de estas defensas. Su distribución por el territorio sobre enclaves desde los que repeler los ataques, lo es igual de estratégica tanto para vigilar el horizonte como en su intención de confundirse con la topografía en la que se integran. Esta singularidad se detecta en todos los búnkeres emplazados en accidentes y desniveles, de modo que, parcialmente, se excavan en el lugar (lo que las ancla y las vuelve más indestructibles) y se mimetizan con él: los muros de tongadas de hormigón se camuflan con gravas, piedras y mampuestos a fin de simular nuevos relieves de la orografía y pasar desapercibidos ante la mirada ofensiva. El hormigón se metamorfosea en prótesis del medio rural o natural. Resulta significativo que esta táctica militar de mimesis camaleónica con el entorno permite el acoplamiento del diseño industrial a la forma arquitectónica perfeccionando su función defensiva a costa de adaptarse moldeando el sitio. Quizás la arquitectura sea eso: la feliz intersección entre la geometría y un punto exacto de la geografía. Es en el lugar, mediante la materialización concreta de cada uno de estos artefactos, donde la ingeniería se transustancia en arquitectura, integrándose en el propio terreno, adoptando su propia piel y formando parte de ella. Enterrándose, si fuera el caso, hasta la eternidad. Arquitectura moderna hasta el fin de los tiempos.

4.- CONCLUSIONES: monumento a la memoria de las guerras, patrimonio de arquitectura moderna

"Sólo hay una pequeña parte de la arquitectura que pertenezca al arte:

el monumento funerario y el monumento conmemorativo.

Todo lo demás, lo que sirve para un fin, debe quedar excluido del reino del arte".

A. Loos, 1910

Más allá de la seducción romántica que provoca el encuentro con alguna de estas arquitecturas, enclavadas en lugares de gran atractivo por su entorno escasamente antropizado, a modo de fragmentos de un esqueleto fosilizado de un animal prehistórico, como antiquísimas ruinas arqueológicas de una civilización desaparecida o como materializaciones físicas, pero abandonadas, de muchas imágenes icónicas de las vanguardias arquitectónicas, se encuentra el significado real del servicio que en su día prestaron estas defensas: servir a guerras fratricidas. Son arquitecturas modernas, no tanto por su epidermis, distante del imaginario del triunfante movimiento moderno, sino porque abrazan desde su génesis los principios modernos: ser el resultado de un proceso en el que se ponderan respuestas formales (sin apriorismos) a requerimientos funcionales que se decantan del lado de la eficacia técnica y de su coste económico. Son el resultado de un proceso de diseño industrial, salvo que se proyectan como máquinas con capacidad para adaptarse a lugares concretos. La 'forma', pues, es el resultado de la función más objetivamente estudiada y calibrada. Más moderna no puede ser esta arquitectura que supera la asepsia de los productos industriales con los que está genéticamente emparentada, aunque su ciclo vital sea longevo.

Quizás convenga parafrasear a E. Panosky, quien al referirse al Renacimiento señala que no hay uno sino varios renacimientos, y repensar los límites de la arquitectura del movimiento moderno para convenir que hay muchas arquitecturas modernas en el período de entreguerras, algunas de ellas contradictorias en su imagen, quizás porque esta no aporte todo el conocimiento y porque las apariencias no lo son todo. O, quizás, hayamos de admitir que la arquitectura militar siempre ha sido moderna porque ha ido por delante de todas, a la vanguardia, cuestión similar al hecho de que la arquitectura moderna de vanguardia ha sido siempre militante. Arquitecturas, pues, de frontera y en la frontera entre la vida y la muerte.



Estas arquitecturas se aproximan a la muerte en sus fines y en sus formas: están esparcidas por el territorio y en parte están semienterradas. Algo de tumbas y de monumentos absurdos, en su corpórea y abandonada presencia, casi ruinosas, tienen todas ellas. Y en arquitectura sólo las tumbas y los monumentos merecen ser considerados arte según A. Loos (Loos 1993). El haberlas vaciado de contenido y uso, que las dotaba de sentido para ser arquitecturas, y haberlas dejado a su suerte, ha entregado al territorio del arte la antaño ingeniería transformada en arquitectura por la geografía. Estas defensas, al no ser ya utilizadas para sus fines bélicos y propagandísticos, devienen ruinas varadas en paisajes rurales accidentados como los restos de un naufragio esparcidos por el territorio. Una especie de cementerio a gran escala que se extiende por el espacio bélico moderno, articulado por las infraestructuras para la velocidad y los relieves orográficos, del cual emergen los búnkeres como lápidas de piedra artificial. Un cementerio que se extiende por toda la superficie de Europa y que nos afanamos en borrar, haciendo desaparecer nuestro pasado.

La protección y conservación de este paisaje cultural, físico y metafísico, daría cuenta de nuestra nueva sensibilidad que es consciente de los atroces acontecimientos producidos y protagonizados por la humanidad y que desea no olvidarlos perpetuando la memoria en los restos arquitectónicos. Quizás la conservación no debiera limitarse a una fosilización ni musealización de las ruinas, sino que este vasto paisaje puede ser revalorizado en sus elementos y en su red mediante intervenciones que pongan en primer plano sus valores culturales y permitan una nueva lectura de estas defensas si es que estas arquitecturas aún tienen algo que decir. Aprender de nuestros errores depende de nosotros ya que, como se preguntaba Gandhi, ¿cuántos hombres más habrán de morir para que nos demos cuenta de que las guerras no tienen sentido?

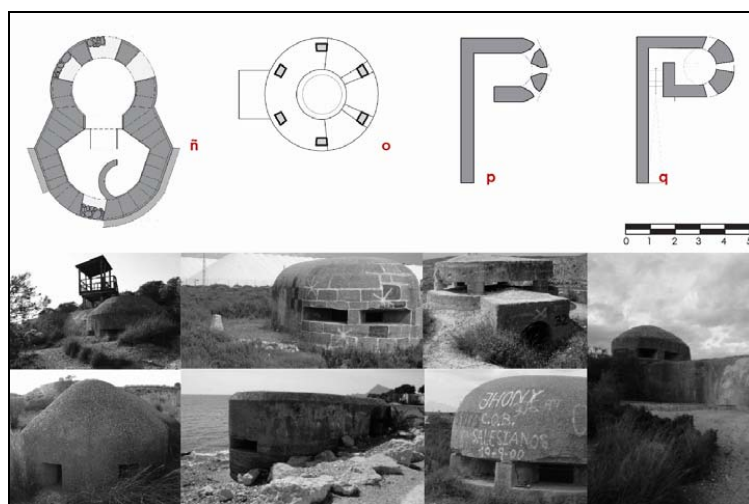


Fig. 4. Búnkeres en las carreteras: Arriba: (ñ) Torrellano, (o) Rabasa, (p, q) Portichol. Abajo: fotografías actuales.

Referencias bibliográficas

- Arcail, R.; Villarroja, J., 2010, *El País Valencià sota les bombes (1936-1939)*, UPV, València.
- Benjamin, W., 1973, *Discursos Interrumpidos I* [ca. 1931], Taurus, Madrid.
- Choay, F., J., 2007, *Alegoría del patrimonio* [1992], Gustavo Gili, Barcelona.
- De la Flor, F., 2000, *Blocao. Arquitecturas de la Era de la Violencia*, Biblioteca Nueva, Madrid.
- García i Mas, A., Martínez i Medina, A.; Ruiz, R., 2000, *L'arquitectura del medi rural de Santa Pola*, ed. Ajuntament, Alicante.
- Loos, A., 1993, *Escritos II, 1910-1931*, El Croquis, Madrid.
- Manrique García, J.M., 2006, *Las armas de la Guerra Civil española*, La Esfera de los Libros, Madrid.
- Martínez Medina, A., 1997, "En defensa de las arquitecturas de la Guerra", *Dir. Información*, Alicante 16-dic, p: 2.
- Martínez Mira, L., 2005, *Alicante, 1936-39. Tiempos de guerra*, Clara Arts, Alicante.
- Military Intelligence Division, 1943, *Handbook on German Military Forces*, War Department, Washington.
- Postiglioni, G., 2008, "El Muro Atlántico: el búnker y/como la arquitectura moderna" en AA.VV., *¿Renovarse o morir?*, ed. DoCoMoMo, Barcelona, pp: 63-68; también <http://www.atlanticwall.polimi.it/> 29/05/2012.
- Rolf, R., 1985, *Het Duitse fortificatie-ontwerp 1935-1945*, AMA, Beetsterzwaag.
- Tabar Rodríguez, I., 2011, *Plan Especial de Protección del paraje natural del Clot de Galvany*, Ayuntamiento de Elche.
- Virilio, P., 1975, *Búnker Archeologie*, Centre George Pompidou, Paris.
- Autor montaje gráfico de imágenes:** M. López Fernández (arq); **Autores de los levantamientos:** Álvarez, M.; Arango, J.S.; Calvo, V.; Campello, M.; Cano, M.J.; Conesa, A.; Delgado; M.M.; Dotes, A.; Espinosa, A.; Fernández, V.; Gabalda, E.; García, J.V.; Gil, F.; Juan, Á.; Martínez, F.; Monteagudo, E.; Morales, F.J.; Moreno, L.; Pacheco, R.; Presencio, L.; Reyes, M.A.; Rubio, Ó.; Segura, B.; Solves, D.; Somoza, V.; Torregrasa, I.; Valera, F.; Villalpanda, K.A.; Villar, J.L.; Villaseñor, N.N. (estudiantes Arquitectura, EPS-UA).

URBANISMO Y ARQUITECTURA ENTORNO AL 1900. LA INFLUENCIA DEL CONTEXTO INTERNACIONAL EN RAFAEL RIPOLLES CALVO.

Juan MATEO GIRALDOS

Universidad de Castilla-La Mancha
Escuela Politécnica de Cuenca
Departamento de Ingeniería Civil y de la Edificación

Resumen y Justificación de la presente comunicación, como proceso del actual desarrollo de mi tesis doctoral de investigación.

La necesidad de incluir parte del proceso realizado hasta la fecha, cuenta con la intencionalidad de dar a conocer los pasos previos que sirven de afianzamiento de la tesis que da forma al doctorado que estoy desarrollando.

La denominación esta de acuerdo con el programa que me he marcado para la realización del doctorado, coincidiendo con la de "Doctorado en territorio, infraestructuras y medio ambiente"; que sigue una línea de investigación en la "Historia de la arquitectura, historia del urbanismo y la ordenación del territorio", contando como título del proyecto de tesis de partida "Urbanismo y arquitectura entre dos siglos. Rafael Ripolles Calvo, 1865/1947".

Urbanism and architecture i half-close 1900. The influence of the international context in Rafael Ripolles.

Juan MATEO GIRALDOS

Universidad de Castilla-La Mancha
Escuela Politécnica de Cuenca
Departamento de Ingeniería Civil y de la Edificación

Abstract

Context / topic of the investigation

The Architect Rafael Ripollés Calvo (Camagüey –Cuba-, 1865/Huete Cuenca, Spain-, 1947), developing his professional career in this so relevant period for the comprehension of the evolution of the architecture and the urbanism in the contemporary Spain, which was including the step of the historicismo to the modernism.

The wide library of architecture that it was possessing, is the one that serves in this first phase to investigate the graphical expression of the architecture, being this the principal aim of the communication to developing.

Ripollés initiated his profession in the context of the review and crisis of the historicist eclecticism, the efforts orientated to defining a "Spanish" architecture, and the consolidation of the architecture of the iron with his consistent statement in the debate architecture / engineering. Little later, and in the change of century, it took part in the complex assimilation of influences as the derivatives of the expositions of the sezession vienesa, the protorracionalismo of Otto Wagner's modernist root, and other offers that, from the own modernism and the art decó, catalyzed the traffic towards the modernity.



INTRODUCCION

El Arquitecto Rafael Ripollés Calvo (Camagüey —Cuba —, 1865/Huete —Cuenca, España —, 1947), desarrollando su carrera profesional en este periodo tan relevante para la comprensión de la evolución de la arquitectura y el urbanismo en la España contemporánea, que incluía el paso del historicismo al modernismo.

La amplia biblioteca de arquitectura que poseía, es la que sirve en esta primera fase para investigar la expresión grafica de la arquitectura, siendo este el objetivo principal de la comunicación a desarrollar.

Inició Ripollés su profesión en el contexto de la revisión y crisis del eclecticismo historicista, los esfuerzos orientados a definir una arquitectura "española", y la consolidación de la arquitectura del hierro con su consecuente correlato en el debate arquitectura/ingeniería. Poco después, y en el cambio de siglo, participó en la compleja asimilación de influencias como las derivadas de los planteamientos de la sezeccion vienesa, el protorracionalismo de raíz modernista de Otto Wagner, y otras propuestas que, desde el propio modernismo y el art decó, catalizaron el tránsito hacia la modernidad.

La referencia y recopilación de biblioteca grafica de Otto Wagner y su amplia producción editada, sirve como segundo objetivo para centrar en él la investigación de la expresión grafica en la arquitectura de la época tratada entorno al año 1900 que sirvió de aprendizaje, afianzamiento y refuerzo en la arquitectura de Rafael Ripolles.

En el ámbito del urbanismo, el desempeño profesional de Ripollés coincidió con la modernización e implantación de las redes y servicios que definieron el tránsito de la primera a la segunda oleada de la industrialización y la solicitud y construcción de los edificios de viviendas y equipamientos que reconfiguraron los centros urbanos y los ensanches decimonónicos durante las primeras décadas del siglo XX.

Rafael Ripolles se caracterizo y es objeto de referencia, estudio e investigación en el contexto de la expresión grafica, debido a la producción de la obra arquitectónica/urbanística según:

* Arquitecto como profesional liberal y autor de proyectos como los cines Tívoli (1927, en colaboración con el arquitecto alemán Paul Linder), el edificio de viviendas de la calle Alcalá, 97 (1933), y otros inmuebles en el ensanche de Madrid.

* Arquitecto/urbanista municipal del Ayuntamiento de Madrid y jefe de servicio de una de las secciones del ensanche desde 1911.

* Arquitecto al servicio de la Casa Real y autor de diversos proyectos de conservación y mantenimiento de los Sitios Reales durante las últimas décadas del reinado de Alfonso XIII.

OBJETIVOS

1. Analizar, catalogar y valorar edificios singulares que, como los ya mencionados cines Tívoli, y otros, todavía no han sido objeto de aproximaciones detalladas y permitirán un mejor y más exhaustivo conocimiento de la arquitectura del período.

2. Analizar parte de la biblioteca de arquitectura de Rafael Ripolles, para investigar la expresión grafica de la arquitectura de ese periodo presente en las ilustraciones, en el contexto nacional e internacional.

3. Analizar y comparar la expresión grafica presente en la obra litográfica ilustrada de Otto Wagner, con la que contaba Rafael Ripolles.

4. Ofrecer una aproximación al problema del ejercicio profesional de la arquitectura a lo largo del período, comparando la expresión grafica presente en la obra internacional.

CONTENIDO

En un principio me encontré con la dificultad de reconocer el cauce por el cual me debería mover, para transmitir todo aquello que deseaba, puesto que había que enfocar y analizar las ilustraciones gráficas de ediciones originales de las que dispongo, para que dentro del proceso de investigación se pudiera unir la Edición en la Práctica Artística, la Reproducción Gráfica y el contenido de las ilustraciones, con la transmisión de información teórica/gráfica/técnica para que su influencia, tanto nacional como en el contexto internacional se pueda constatar o al menos reconocer en la obra urbanística y arquitectónica de Rafael Ripolles dentro de la época modernista a la que perteneció. Este problema que creía único y particular, es un problema existente en todos los tiempos, incluso existencialistas en grandes artistas, coincidiendo con lo que, en 1981, Fernando Zóbel, decía:

Porque en mi vida, a la vez que he sido artista, he querido siempre se dos cosas: maestro y alumno. He conocido –mejor dicho: he vivido– muy íntimamente la pasión de aprender y el profundo placer de enseñar. Quizás el sentido más íntimo de mi obra –museo, cátedra, colección, investigación, pintura– se encuentre definido por esas dos palabras: enseñar y aprender. Enseñar a ver y aprender a ver. (1)

Una vez localizadas y visualizadas dichas relaciones, una primera parte se centrara en esta investigación del traspaso de información arquitectónica por medio del papel, y empezamos a desarrollar el trabajo por un cauce objetivo. Relacionamos cuando estamos hablando de Ilustración gráfica en papel, de color, de blanco y negro, de tintas, de encuadernación, de artistas, de tendencias, de influencias, de rigor, de contenido... todo tiene relación, todo es posible relacionarlo, estamos a seis clip "llamadas/preguntas/entradas en red" de relacionarnos con cualquier cosa/persona).

El contenido reflexionado y aportado hasta el momento, y base del doctorado que estoy realizando, (denominación: doctorado en territorio, infraestructuras y medio ambiente, línea: historia de la arquitectura, historia del urbanismo y la ordenación del territorio, historia de la construcción.) es como señala Desiderio Gómez, refiriéndose a partes sueltas pero integrantes de un estado rigurosamente compacto y único, y que sin contenido específico ni relevante dentro de un todo como componente, «es sólo un pequeño GALBO» (2), es esta aportación una parte indiscutible del mismo, y formará junto con otras partes, el grueso del conjunto, en el futuro Proyecto de Investigación o Tesis final a realizar.

Ver Fig 1. Letras para imágenes 1/4. Archivo propio.

Por medio de saber cómo se llegó a la representación técnica-científica de la realidad, del peso que tuvo la ilustración como dibujo científico-arquitectónico, de las posibilidades de copia/reproducción y expansión de esos conocimientos aglutinados, llegaremos a ver de una manera más clara la relación que existe entre ese desarrollo histórico de la ilustración arquitectónica en la expresión gráfica y su utilización en el período Modernista; con uno de sus máximos representantes en el período de transición del historicismo al modernismo, como fue Otto Wagner.

La amplitud se basa en la investigación de la obra litográfica original de arquitectura ilustrada en el ámbito de la expresión gráfica, tomando como figura relevante a Otto Wagner dentro de la etapa modernista en sus inicios, final siglo XIX y principios del siglo XX, estando su obra desarrollada durante el proceso de transición entre la época historicista y la modernista.

La importancia se justifica como unión entre dos disciplinas en auge en la actualidad, como son la ilustración gráfica y la arquitectura.

Una disciplina vista desde la representación artística y otra reconocida desde la expresión arquitectónica, fusionadas en esta investigación.

Se realizaba una arquitectura ilustrada que en su unión inseparable servía para lograr la aceptación por la sociedad y conseguir llevar a cabo dichos estudios por medio de la adjudicación y posterior ejecución de los distintos proyectos redactados comúnmente entre equipos multidisciplinares, como eran arquitectos y artistas; esta unión inseparable evidencia que ninguna disciplina prevalece ni domina sobre la otra.

Ver Fig 1. Detalles para composición de elementos constructivos 2/4. Archivo propio.

1: SANTOS, Julia, BOLAÑOS, María, VILLALBA, Salvador. *La Ciudad Abstracta. 1996: el nacimiento del Museo de Arte Abstracto Español.* I.S.B.N.: 84-7075-535-8, Madrid, Editorial Juan March y arte y ciencia, VEGAP, 2006, página 55.

2: GOMEZ, Desiderio. *Villalba de la Sierra, en la Naturaleza y en la Historia.* I.S.B.N.: 84-605-9637-0, Cuenca, Desiderio Gómez, Continuos Arcograf S.L., 1999, pagina 83.



Planteamos uniones entre propuestas artísticas y arquitectónicas, aumentando los puntos de encuentro, conexión, aproximaciones, relaciones y alcance, entre el papel del arte de la Ilustración como herramienta científica, y el desarrollo científico en la arquitectura en cuanto a la utilización y revisión constante del arte ilustrado; presentándose y representándose como elemento investigador certero y veraz, así como idóneo en esta revisión de mirada científica que en la actualidad está tan de moda.

De esta manera de mirar, mi estudio se centra hacia diferentes direcciones, en la influencia científica que la Ilustración artística ha tenido y tiene en la Arquitectura como aportación cultural a la Expresión Gráfica, para, el aprendizaje, desarrollo, avance y creación de escuelas, grupos, periodos y movimientos artísticos/arquitectónicos que supieron reconocer en las Ilustraciones los distintos elementos arquitectónicos que contaban con algún nexo de unión para su agrupación objetual, cuyos conocimientos científicos fueron/son transmitidos en las distintas publicaciones, por las relevantes y científicas Ilustraciones.

Ver Fig 1. Elementos que configuran proyectos 3/4 y 4/4. Archivo propio.



Fig 1. Componentes transmitidos de época historicista. Archivo propio.

Para la metodología he empleado como primera y significativa la de revisión con manipulación precaria en escaneado y deficitario fotografiado del legado perteneciente originariamente a Rafael Ripolles. Utilización y enfoque de mis avances en medios tecnológicos adecuados y trabajos de campo. Metodología básica empleada se centra en la revisión de los documentos, su comparación, búsqueda y constatación en distintas fuentes de información a mi alcance, centrándome en distintos libros, artículos, catálogos, exposiciones e informaciones existentes en las distintas administraciones y estamentos públicos y privados, bibliotecas, museos y redes sociales.

Desarrollo y contenido de la investigación.

Interrelación entre el dibujo artístico y el técnico.

- Ilustración arquitectónica sostenida desde la visión científica.
- El valor de la imagen.
- La Ilustración: códigos.
- El texto sintetizado en la imagen.
- Etapas de la ilustración.
- La ilustración en el Modernismo. Otto Wagner.

Presentación cronológica de la Ilustración gráfica arquitectónica del legado.

- Investigación de la ilustración arquitectónica.
- Del dibujo técnico, presente en la ilustración arquitectónica.
- Del dibujo artístico, presente en la ilustración arquitectónica.

Revisión de la producción urbanística/arquitectónica de Rafael Ripolles.

-Sobre la vida y desarrollo del trabajo de Rafael Ripolles.

Sobre el trabajo privado.
Sobre el trabajo público.

Visión de la Ilustración sostenida desde la ciencia.

Nos adentraremos precisamente en el proceso en la investigación del peso que la Ilustración tuvo en la transmisión de los conocimientos, y que gracias a ella, estos conocimientos, no sólo, no se han perdido, sino que existen copias de ilustraciones de épocas, (como las que utilizaremos en la investigación) para seguir sacando partida en un avance de los conocimientos existentes en la actualidad sobre las distintas disciplinas, que requieran ser investigadas y están presentes estos conocimientos transmitidos en todos los ordenes de la vida actual, utilizados en sus distintos procesos de la representación artística contemporánea, y en todas las divisiones científicas investigables.

Es en este punto donde el apoyo encontrado en distintas disciplinas, me hace coincidir con los recorridos históricos, desarrollos orientativos y como consecuencias deductivas, encontrar una sólida base coincidente con las argumentaciones expositivas que dan solidez a las conclusiones de la investigación, y así poder incluir a la Ilustración gráfica en el ámbito científico del conocimiento.

Partiendo de la creación de ciertas dudas que impiden una normal relación entre el arte y el conocimiento, limitando el tratar a la Ilustración como ciencia. Encontramos en las palabras del filósofo Juan Martínez Moro, un apunte en esta línea de coincidencia con mi trabajo, en donde aclaratoriamente en su prefacio dice:

La relación entre arte y conocimiento es un motivo recurrente de especulación tanto para la estética como para la ciencia. En el primer caso se presume, por norma general, un sentido epistemológico inherente a toda experiencia artística, entendiendo el objeto o el hecho creativo como ineludible portador de significados. En el otro extremo, la ciencia establece una relación de cautela y sospecha con el ámbito creativo: aun reconociendo su evidente deuda histórica con las artes de la representación, muestra una posición ambivalente y crítica en torno al valor epistemológico de la imagen. Mientras que la estética tiende a universalizar la relación entre arte y conocimiento, la ciencia la limita, llegando, incluso, a negarla. (3)

Con esta situación de agravio, pasaremos después a plantear preguntas/hipótesis de trabajo, cuya inicial comparación, análisis y posterior ratificación del enfoque adecuado a nuestra defensa como premisa afianzada.

Todo ello servirá para ir sumando distintas pautas reconocidas para el tratamiento posterior de consideración científica a la Ilustración Gráfica, en unión con el modernismo presente en nuestra investigación como resultado final de la ilustración arquitectónica, y como transmisor de los conocimientos de esa época.

3: MARTINEZ, Juan. *La ilustración como categoría*.

I.S.B.N.: 84-9704-122-4, Gijón, Ediciones Trea S.L., 2004, pagina 5.

Una primera duda condensada, al negar la categoría a la ilustración, queda rechazada de plano por Bárbara María Stafford, en donde señala entre otras consideraciones coincidentes con este punto, que «nadie que haya mirado a la gráfica informática y la revolución de técnicas interactivas, puede dudar que no estemos retornando a una doble cultura oral-visual de la primera época moderna». (4)

Otra consideración, que de nada serviría negar al contestar, y saber que han coincidido distintos autores en comparar la época actual con la neobarroca, como Jacques Derrida o Gilles Deleuze, es la de constatar otra evidencia paralela que existe entre la producción artística en el momento actual, y los momentos de mayor producción gráfica entorno al siglo XVII, situación esta coincidente por acorde, con producciones artísticas, culturales, sociales, políticas y de progreso. En este sentido, ampliando el contenido preciso inherente a la propia producción, y que se encuentra interiorizada en la ilustración gráfica, y aun más concluyendo para dar al contenido de la Ilustración la relevancia de categoría actualmente reclamada por muchos de nosotros.

También el siglo XVIII será la primera época en la que se funden explícitamente arte y conocimiento, bajo la doble intención: estética y epistemológica, atribuyendo a la ilustración como categoría.

Esta afirmación la encontramos en muchos y relevantes discursos que fundamentan a la ilustración como categoría debido a la relevante actuación cultural y social, la cual siempre ha estado y está presente en las representaciones gráficas-artísticas actuales.

Son muchos los fundamentos, metodología y objetivos de distinta naturaleza, sobre las que se desarrollan las nuevas y variadas estéticas; una pregunta inicial pudiera ser a qué criterios o intereses de la epistemología o de la estética, dan categorización a la ilustración, pudiera ser que interesase a uno o a los dos.



En el sentido epistemológico, no sólo la transmisión oral es la vía de transmitir el conocimiento, admitiendo plenamente hoy que existen otras como la imagen impresa, existente y utilizable en museos y colecciones, como la propia colección que intentamos investigar y con esta premisa categorizar.

Aun sabiendo metodológicamente, como aconseja justificadamente Graciela Reyes, que no se debe citar a autores, cuyos libros no se hayan leído con intensidad, por poder caer en la contradicción o paradoja de constatar hechos relevantes que pudieran en otras circunstancias ser confusos, según:

Una vez que haya decidido qué leer, haga una bibliografía que le indique su profesor, [...]. Nunca cite un libro o artículo que usted no ha visto, salvo que sea inaccesible. [...] (5)

El inicial proceso de investigación me obliga, de momento a confiar en las fuentes que considero de primera mano y absolutamente fiables y relevantes, permitiéndome esta cierta desviación metodológicas, y algunas otras que se podrá observar.

Hay autores como Peter Burke, que dando un paso mas avanzado en esta defensa, dota a la comunicación visual en la que sitúa a la ilustración como grafía relevante, imputándole una fuente de conocimiento absolutamente prioritaria, y no de apoyo al conocimiento oral, al que pone incluso en interrogante. (6)

4 : STAFFORD, Barbara. *Artful science. Enlightenment and the eclipse of visual education*. Massachusetts, Ediciones, 1994, pagina xxv.

5 : REYES, Graciela. *Como escribir bien en Español*. I.S.B.N.: 84-9704-122-4, Gijón, Ediciones Trea S.L., 2004, pagina 229.

6 : BURKE, Peter. *Historia social del conocimiento*, Paidós Ibérica, Barcelona, 2002. El uso de la imagen como documento histórico, Barcelona, 2001.

Sabemos y damos por justificada la relación existente entre el pensamiento y la creación de imágenes como dos partes de un mismo cuerpo, cuando hablamos de la ilustración en el contexto del pensamiento visual en el ámbito de la percepción, la imaginación, y la memoria. Al ser estos componentes psicológicos, conceptuales, y creativos en la categoría de "lo imaginario", como producto psíquicamente más complejo por su desarrollo evolutivo y sólo creador en las consideraciones/fantasías ya maduradas.

Sin querer quitarle el conocimiento inherente a la pintura, sí bien queremos sumar a la ilustración otro concluyente indicio que le siga nutriendo también a su categoría; sirviéndonos en este caso de lo que al respecto dice Juan Martínez:

[...]. La creación de estereotipos será uno de los atributos que nos servirán para definir la ilustración como categorías, en la medida en que a través de las imágenes grabadas e impresas se trata de fijar en el espacio y en el tiempo la manifestación contingente del mundo y de las ideas. [...] (7)

En definitiva y a esta altura, cumplida nuestra finalidad, de unir mente y gráfica, que encontrábamos sin relación, y una vez determinadas las relaciones de la imagen inicialmente existente en el pensamiento (unificando pintura y gráfica) en forma y manera sin determinación concreta, y sin visibilidad exterior, hasta que, concretada y definitivamente elegida su representación mental, realizamos su registro/impronta y ejecución gráfica, de una manera visible al exterior en cualquiera de sus manifestaciones y registros artísticos.

La dualidad de mostrar y transmitir un beneficio para la comunicación visual o por el contrario un perjuicio al imponer o dotar la imagen de poder imaginativo.

Esta dualidad la contestaremos al plantearnos una pregunta, que siempre ha servido y sirve para demostrar y constatar el beneficio científico de la Ilustración.

En esta situación encontramos un apoyo más en las palabras de Giulio Caro Argán, que muy sutilmente pero con una gran exactitud requerida, afirma: [...]. « el arte afronta problemas que con los métodos científicos normales no se pueden resolver». (8)

Gracias a la imagen, la arquitectura, medicina, cartográfica, astronomía..., ve aumentado su eficacia, información, proceso gráfico-deductivo..., así pues determinamos el papel esencial e insustituible de la ilustración en su función, al transmitir conocimiento.

Una primera investigación la realiza la gráfica y encontramos en palabras de Jost Herbig un ejemplo esclarecedor que apoya y dota a la ilustración gráfica como primera categoría sucesoria investigadora y solucionadora de problemas que la ciencia normal no puede solucionar, en:

La idea del átomo de Leucipo estaba determinada por formas innatas de la percepción. Era algo concreto, mientras que la partícula elemental de Heisenberg (físico Alemán 1901-1976) no lo es. Por mucho que nos esforcemos, no logramos hacernos una imagen de algo que no sea una configuración material sino un símbolo, porque es contrario a nuestra capacidad de representación, de decir de nuestras formas innatas de percepción. (9)

En este punto, encontramos el sentido preguntándonos, ¿Cómo representar para poder ver que existe, aquello que no ha podido ni puede ser visto?; desde luego podremos decir que el pensamiento razonado es posterior a la Representación gráfica, así pues deduciríamos que sólo se conoce lo que se ve. Este supuesto casi lo convertimos en una aseveración, pues una vez representado, una vez "visto", es el pensamiento el que actúa de una manera biunívoca sobre y con la gráfica, que con anterioridad a la misma representación no existía, y por lo tanto no se podían relacionar, es la representación vista la que actúa sobre el pensamiento activando la memoria y dando rienda suelta a nuevas revelaciones.

7: MARTINEZ, Juan. *La ilustración como categoría*.
I.S.B.N.: 84-9704-122-4, Gijón, Ediciones Trea S.L., 2004, pagina 26.

8: CARO, Giulio. *El arte moderno*.
Valencia, Ediciones, 1976, pagina 146.

9: HERBIG, Jost. *La evolución del conocimiento*.
Barcelona, Ediciones, ISBN 9788425419324, 1997, pagina 305.

Sobre Otto Wagner.

Las siguientes partes de documentos escritos sobre proyectos, pertenecientes a Otto Wagner; (ver Fig 2.) tienen la relevancia de encontramos con sus reflexiones y forma de concebir los distintos proyectos, dejando ver la importancia que tenía en sus proyectos tanto los avances modernos como las manifestaciones técnicas y artísticas de épocas pasadas, siendo literal la traducción sobre el texto que se reproduce y donde aparece claramente la transmisión de conocimientos de época historicista en unión entre el dibujo técnico y el artístico, en esa época donde se confundían con facilidad y ritmo deseado para la redacción y la comprensión de los mismos por personal ajeno a los abajares de las obras y sus procesos constructivos, así como procesos conceptuales en cuanto a diseño.



Fig 2. Documentos escritos sobre proyectos, autor Otto Wagner. Archivo propio.



Traducción de texto existente en la figura nº2: " Hay que tener mucha fuerza (carisma/personalidad) si escribes (publicas), en estos tiempos que se tienen (existen) muchísimos libros de nueva arquitectura, un nuevo (otro mas) libro, además si tiene dentro solo cosas (pinturas/ilustraciones, etc) y solo de un arquitecto (artista). Si yo lo hago ahora es porque es tiempo de hacerlo, hay muchísimas reservas de material (libros con detalles ilustrados) con ilustraciones los cuales he ahorrado (coleccionado/ordenado/recopilado) en muchos años en mi Atelier, hay la posibilidad de hacer copias fácilmente y finalmente el querer de ilustrar la arquitectura desde mi punto de vista. Lo siento, pero tengo que decir, que con algunos de mis trabajos he tenido en concursos y exhibiciones gran aplauso (éxito) y por esto pienso que mis colegas (arquitectos) tendrán que mirar las próximas hojas (laminas ilustradas) con consideración comprensiva (admiración justificada) ".

Investigación de la ilustración arquitectónica.

- Del dibujo técnico, presente en la ilustración arquitectónica.

Ver Fig 3. Dibujo técnico en proyectos 1/4 y 2/4. Archivo propio.

- Del dibujo artístico, presente en la ilustración arquitectónica.

Ver Fig 3. Dibujo artístico en proyectos 3/4 y 4/4. Archivo propio.

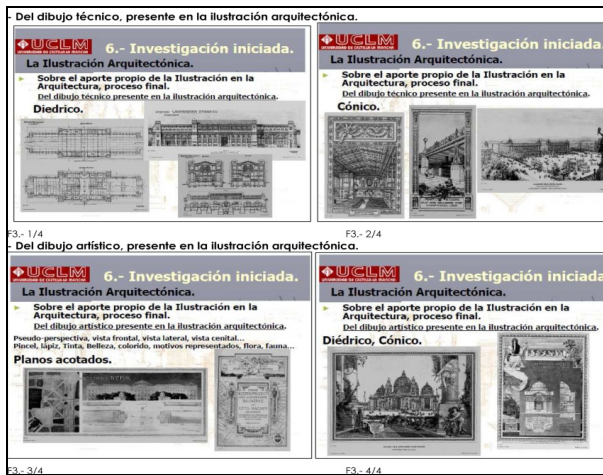


Fig 3. Documentos transmisión de conocimientos. Archivo propio.

- Sobre la vida y desarrollo del trabajo de Rafael Ripolles.

Sobre el trabajo privado:

-Obras reconocidas "Cines Tivoli".

Ver Fig 4. Documentos y fotos relativas a proyectos referenciados, "cines Tivoli".

Situación: C/Alcalá nº 80, C/Antonio Acuña nº 8, Madrid.
 Colaboración en proyecto y ejecución: arquitecto alemán, Paul Linder.

El destino inicial de cines se agoto en la época de los 80, dejando sin actividad de cines la parte del edificio destinado a tal fin, si bien su reutilización como "local comercial" da uso y mantenimiento a dichas zonas.

La importancia reside en la utilización de los elementos decorativos y ritmo del modernismo, contando con elementos de ladrillo aplanillado que resaltan y embellecen la fachada de la calle de Alcalá, en una utilización casi acompasada a la misma utilización que realizaba Antonio Flórez en sus obras modernistas.

La constatación de conservación, mantenimiento y estudio del inmueble, está dando nuevas características de construcción y ejecución de elementos modernistas de la época.

Reconocimiento de empresas existentes en la época: en las diferentes revistas, tanto en los anuncios como en las reseñas se reconocen empresas de nueva creación dedicadas a nuevos inventos y modernos materiales e instalaciones. (Perfiles de hierro, talleres de hierro y madera, ascensores, calefacción, electricidad etc).

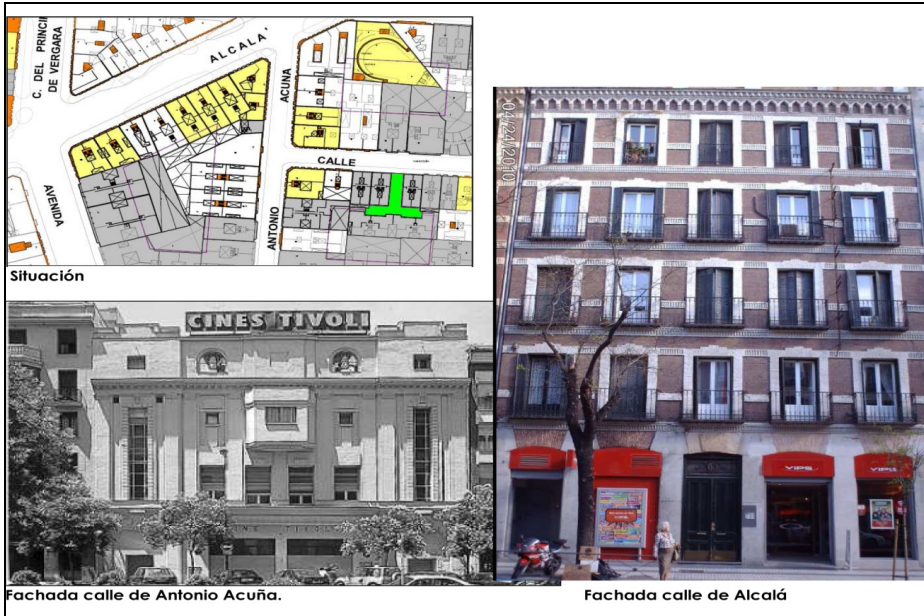


Fig 4. Documentos existentes en Excmo. Ayuntamiento de Madrid.

-Obras reconocidas "Edificio de viviendas en bloque".

Ver Fig 5. Documentos y fotos relativas a proyectos referenciados, "bloque de viviendas".

Situación: C/Alcalá nº 97, Madrid.

Colaboración en proyecto y ejecución:

El destino inicial de viviendas en bloque sigue siendo el actualmente dedicado; la importancia del edificio se deja ver en todo su esplendor al contar con una situación privilegiada, también objeto de estudio.

La importancia reside en la utilización de los elementos decorativos y ritmo del modernismo, contando con elementos de ladrillo aplanillado que resaltan y embellecen la fachada de la calle de Alcalá, en una utilización casi acompasada a la misma utilización que realizaba Antonio Flórez en sus obras modernistas; si bien en similitud con el arquitecto Antonio Palacios, también utiliza un corte en las planta superiores con sujeción estructural de columnas en este caso también estructuralmente solucionado con ladrillo aplanillado.

La constatación de conservación, mantenimiento y estudio del inmueble, está dando nuevas características de construcción y ejecución de elementos modernistas de la época.

Reconocimiento de empresas existentes en la época: en las diferentes revistas, tanto en los anuncios como en las reseñas se reconocen empresas de nueva creación dedicadas a nuevos inventos y modernos materiales e instalaciones. (Perfiles de hierro, talleres de hierro y madera, ascensores, calefacción, electricidad etc).





Situación



Fachada calle de Alcalá.

Fig 5. Documentos existentes en Excmo. Ayuntamiento de Madrid.

Sobre el trabajo Público:

-Dentro del Excmo. Ayuntamiento de Madrid.

En el archivo de la villa he podido localizar información, sobre el puesto de trabajo y la larga dedicación en ese Excmo. Ayuntamiento de Madrid, así como el nombramiento con responsabilidad desde 1911 de la segunda sección sobre el ensanche urbanístico de Madrid, siendo objeto de estudio.

-Dentro de la corte del Rey Alfonso XIII, patrimonio nacional.

En el archivo de la palacio he podido localizar información, sobre el puesto de trabajo y la larga dedicación en ese reinado de Alfonso XII como arquitecto colaborador (hay que saber que el arquitecto responsable era su padre Andrés Ripolles) a las ordenes directas de su padre, será bueno conocer estas relaciones de trabajo entre el padre Andrés Ripolles como ingeniero jefe del real patrimonio y su hijo Rafael Ripolles como arquitecto colaborador del real patrimonio, en esta época modernista de contacto entre ambos.

-Catalogación de colaboración en obras del patrimonio nacional

En el real sitio de Aranjuez.

Ver Fig 6. 1/2, Documentos existentes en archivo del Patrimonio Nacional de Madrid.

En el real sitio del Escorial.

Ver Fig 6. 2/2, Documentos existentes en archivo del Patrimonio Nacional de Madrid.

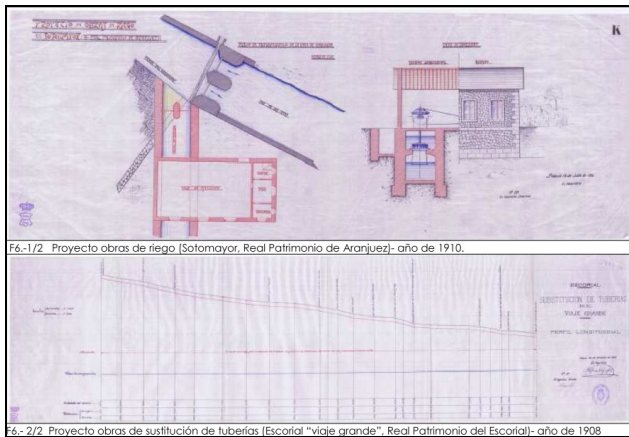


Fig 6. Documentos existentes en archivo del Patrimonio Nacional de Madrid.

CONCLUSIONES

- Reconocer la ilustración como ciencia a investigar.
- Saber ver la importancia de la ilustración en el desarrollo de la Expresión gráfica en el entorno de la arquitectura.
- Concretar la importancia de la ilustración en el aporte propio a la arquitectura y a la transmisión de conocimientos científicos-técnicos de una manera general a todas las artes y ciencias.
- Servir de base para afrontar el actual proyecto de investigación para el doctorado, siendo este proyecto fin de master, el primer paso concluyente como se ha demostrado y visualizado en el desarrollo del mismo.
- Se ha constatado que la obra de Otto Wagner muestra de una forma ilustrada y científica la arquitectura de la época modernista.
- La relevancia de las ilustraciones incorporadas en los proyectos de Otto Wagner colaboraron en la adjudicación, construcción y posterior difusión de dichos trabajos.
- Constatar la unión de la Edición en la Práctica Artística, la Reproducción Gráfica y el contenido de las Ilustraciones, con la transmisión de información teórica/gráfica/técnica, tanto en el contexto nacional como en el internacional y que se reconoce en la obra urbanística y arquitectónica de Rafael Ripolles dentro de la época investigada.

285

Referencias bibliográficas

- AA.VV. (2003) *Arquitectura de Madrid*, COAM, Madrid, 3 volúmenes.
- AA.VV (2008) *El ensanche de Madrid. Historia de una capital*. Editorial Complutense, Madrid.
- ALONSO PEREIRA, José Ramón, *Madrid 1898-1931 de Corte a metrópolis*, comunidad de Madrid; Madrid, 1985.
- BALDELLOU, Miguel Ángel, y CAPITEL, Antón (1995) *Arquitectura española del siglo XX*. Summa Artis, vol. XL, Espasa Calpe, Madrid.
- Biblioteca grafica propia, perteneciente originariamente a Rafael Ripolles; se pueden consultar los originales contacto en "juanenrique.mateo@alu.uclm.es"
- BURKE, Peter. *Historia social del conocimiento*, Paidós Ibérica, Barcelona, 2002.
El uso de la imagen como documento histórico, Barcelona, 2001.
- CARO, Giulio. *El arte moderno*. Valencia, Ediciones, 1976.
- GÓMEZ, Desiderio. (1999), *Villalba de la Sierra, en la Naturaleza y en la Historia*. I.S.B.N.: 84-605-9637-0, Cuenca, Desiderio Gómez, Continuos Arcograf S.L.
- HERBIG, Jost. *La evolución del conocimiento*.



Barcelona, Ediciones, ISBN 9788425419324, 1997.

MARTINEZ, Juan. *La ilustración como categoría*.
I.S.B.N.: 84-9704-122-4, Gijón, Ediciones Trea S.L., 2004.

REYES, Graciela. *Como escribir bien en Español*.
I.S.B.N.: 84-9704-122-4, Gijón, Ediciones Trea S.L., 2004.

SANTOS, Julia, BOLAÑOS, María, VILLALBA, Salvador. (2006), *La Ciudad Abstracta. 1996: el nacimiento del Museo de Arte Abstracto Español*. I.S.B.N.: 84-7075-535-8, Madrid, Editorial Juan March y arte y ciencia, VEGAP.

STAFFORD, Barbara. *Artful science. Enlightenment and the eclipse of visual education*.
Massachusetts, Ediciones, 1994.

LA GEORREFERENCIACIÓN COMO BASE DE LA ORDENACIÓN TERRITORIAL. ESTABLECIMIENTO DE UNA RED GEODÉSICA CON TECNOLOGÍA GPS EN TEGUCIGALPA (HONDURAS)

Francisco MAZA VÁZQUEZ
Antonio Miguel TRALLERO SANZ

Universidad de Alcalá
Departamento Arquitectura
Área de Expresión Gráfica Arquitectónica

Resumen

Con la ponencia presentada se pretende potenciar, en la educación superior, las disciplinas de la topografía, la geodesia y la cartografía, utilizadas como instrumento y herramienta primordial en la ordenación de un determinado territorio. Como excusa se expone la metodología aplicada para el establecimiento de una *Red Geodésica en Tegucigalpa mediante tecnología GPS y el enlace con la Red de Referencia Oficial de Centroamérica*, que nos sirve como base de apoyo geodésico y topográfico para la elaboración cartográfica con la que se pueda planificar y gestionar adecuadamente la capital hondureña, pudiendo con ello acometer problemas sociales, ambientales y urbanísticos

Abstract

The aim of this presentation is to promote the disciplines of Surveying, Geodesy and Cartography in higher education as a means and primary tool in managing a given territory. It presents the methodology for the establishment of a Geodetic Network in Tegucigalpa using GPS technology, and for liaising with the Official Referral Network of Central America, which serves as a support base for geodetic and topographic mapping, with the development that can properly plan and manage the Honduran capital, thereby being able to tackle social, environmental and urban problems.

Introducción

Los procesos de planificación se presentan como un instrumento fundamental para realizar un tratamiento espacial integral y asignar el uso óptimo al territorio, desde el ámbito internacional hasta el local. Para ello se hace necesario utilizar, como herramienta, una cartografía adecuada a los fines perseguidos.

Así mismo, la obtención de imágenes y la generación de archivos gráficos ejecutados en fechas diferentes ayudan a esclarecer y analizar el tejido territorial. Sin embargo el punto de partida para el conocimiento de ese territorio debe de iniciarse, a la fuerza, del análisis de los planos topográficos.

La cartografía, como abstracción de la realidad, permite reconocer la organización del espacio y los desarrollos de los fenómenos a lo largo del tiempo. Los mapas como expresiones de ésta técnica cartográfica, para la representación de la superficie terrestre por medios gráficos, han de referirse a un sistema común de coordenadas con el fin de que se puedan interrelacionar.

Cada país establece su Sistema de Referencia Oficial, basado en un Sistema Geodésico, es decir, las prescripciones científico-técnicas que establecen un modelo matemático no real de la Tierra, pero lo más ajustado posible a la superficie del nivel gravimétrico de la misma (Geoide), definido por unos parámetros matemáticos (Datum, elipsoide de referencia) y aplicación de un Sistema de Proyección Cartográfico que permite transformar la superficie curva terrestre en una superficie plana.

Objetivo específico

El análisis de las técnicas geodésicas como apoyo para la ejecución de la cartografía que se va a utilizar en la ordenación territorial y su desarrollo urbanístico, empleando la metodología adecuada para alcanzar la precisión requerida, es el objetivo específico de este estudio. El proceso metodológico aplicado debe de culminar con la puesta a disposición de una base cartográfica precisa y veraz del territorio a ordenar, pues una cartografía errónea nos puede llevar a una deficiente planificación. Esa *precisión* tiene una relación directa con la red geodésica. En este sentido se analiza el proyecto referido a la Red Geodésica en Tegucigalpa (Honduras), mediante tecnologías GPS y enlace con las redes de referencia oficial de Centroamérica, SIRGAS.



Consideraciones previas y aplicación metodológica.

Una Red Geodésica constituye uno de los cimientos más importantes sobre los que se apoya toda una serie de disciplinas tanto científicas como técnicas, y queda constituida por un conjunto de puntos perfectamente localizados en el terreno, materializados a base de señales estables que garanticen su perdurabilidad en el tiempo, entre los que se han efectuado observaciones geodésicas con la finalidad de obtener sus coordenadas, respecto de un sistema de referencia establecido, sirviendo al mismo tiempo como base de los proyectos de desarrollo de un país.

Mediante técnicas de medición y post procesamiento adecuadas, se puede lograr un posicionamiento de precisión centimétrica. Esta capacidad de GPS (Global Positioning System) es aprovechada para el establecimiento del marco de referencia *International Terrestrial Reference Frame (ITRF)*, una de cuyas aplicaciones es unificar las referencias geométricas de los países a escala global.

La Red implantada en Tegucigalpa pretende ser el inicio de un objetivo mucho más amplio, como es el dotar al país de una infraestructura geodésica moderna GNSS (Global Navigation Satellite System). Se proyectaron 22 estaciones, seis de las cuales pertenecen a la Red GPS del año 2001

Se trata de una red observada con receptores GPS circunscrita a la capital de Honduras, en la que destaca un punto situado aproximadamente en el centro de la misma y denominado TEG1. Este vértice está ubicado en la parte superior del edificio del Instituto de la Propiedad de Honduras y coincide con el que formaba parte de la red CORS en América Central, aunque en el momento presente no está operativo como estación de registro continuo.

Una de las metas para este Proyecto fue poner las bases para ensayar un método de transformación de las coordenadas del soporte geodésico antiguo al nuevo que se adopte en futuro próximo y verificar el comportamiento del modelo de Geoid, EGM2008, recientemente publicado en puntos observados con GPS, que hayan sido nivelados, para estimar en su caso un offset.

El Proyecto se ha apoyado en el sistema de referencia SIRGAS2000, que es el **Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas**. Su definición corresponde con el Sistema Internacional de Referencia Terrestre del IERS (*ITRS: International Terrestrial Reference System*) y su realización es una densificación regional del Marco Internacional de Referencia Terrestre del IERS (*ITRF: International Terrestrial Reference Frame*). Además del sistema de referencia geométrico, SIRGAS se ocupa de la definición y realización de un **sistema vertical de referencia** basado en alturas elipsoidales como componente geométrica y en números geopotenciales (referidos a un valor W_0 global convencional) como componente física.

Para la construcción de la red geodésica ha sido necesario llevar una secuencia operativa que garantice que el trabajo de campo y el procesamiento de las mediciones realizadas cumplan con los requerimientos de precisión exigidos, para lo cual se realizó el siguiente proceso metodológico: anteproyecto, diseño y criterios de selección de vértices, reconocimiento del terreno, clasificación y monumentación, observaciones de campo, procesamiento de las mediciones, cálculo, ajuste y resultados. De todo este proceso se hace especial énfasis, por su relevancia docente, en las mediciones, cálculo y ajuste.

Criterios de selección de vértices propuestos y reconocimiento sobre el terreno para su presencia en la Red GPS

La etapa de diseño consistió en el establecimiento de las condiciones geométricas, técnicas y de fiabilidad que permitieron la elaboración de un anteproyecto base para realizar un levantamiento dado, teniendo en cuenta como factor determinante la orografía complicada de la ciudad, destinado a satisfacer una determinada necesidad, tratando de que sus vértices cumplan con los siguientes requisitos:

- que gocen de una configuración geométrica adecuada,
- que la distancia entre los mismos sea homogénea,
- que estén ubicados en zonas de fácil acceso,
- que se sitúen en zonas geológicamente estables,
- que tengan un horizonte que se encuentre lo mínimo posible obstruido,
- que su situación tenga la menor interferencia posible de líneas de alta tensión, de edificios, de muros, etc.



Fig. 1. Fotografía de la ciudad de Tegucigalpa

Una vez diseñada la red GPS se llevó a cabo un reconocimiento de campo con finalidad de verificar los vértices colocados sobre la cartografía.

Para realizar el reconocimiento se contó con una brigada formada por personal del Instituto de la Propiedad de Honduras y por alumnos de la segunda promoción de la Maestría y Gestión del Territorio que se imparte desde la facultad de Ciencias Espaciales de la Universidad Autónoma de Honduras. Sus responsabilidades fueron:

- Comprobación sobre el terreno de los sitios adecuados para el establecimiento de las marcas permanentes o hitos.
- Comprobación de las condiciones de observación en cada sitio y especificación, en su caso, de las plataformas elevadas de observación.
- Elaboración de los croquis y reseñas, descripción e itinerarios preliminares de los puntos.
- Descripción preliminar con designación del punto o vértice.
- Información de las características geográficas locales del sitio y del paisaje circundante, con énfasis sobre los aspectos de ubicación regional y direcciones para llegar al sitio.
- Fotografías de cada uno de los vértices.
- Otro tipo de información que pudiera afectar el desarrollo de los trabajos de observación.

El criterio seguido para el establecimiento de los vértices GPS está basado en una distribución geométrica apropiada para asegurar el recubrimiento local, de forma tal que cualquier punto ubicado dentro del casco urbano de Tegucigalpa cuente con la información de al menos 2 estaciones de la Red. Para tales efectos se determinó un radio de cubrimiento de 3 kilómetros por estación, completando un total de 22 vértices.

Señalización y Monumentación

Se utilizaron tres tipos de señalización:

- Señales existentes de redes anteriores bien señalizadas, que se han incluido en la red.



Fig. 2. Señal perteneciente al vértice del Observatorio construida en la campaña Geodésica de EEUU del año 1994.

- Clavos que el Instituto de la Propiedad dispone y habitualmente utiliza, son clavos de aluminio de unos 9 cm de tamaño de cabeza sobre la que encuentra grabado una marca central de puntería, el



nombre del vértice, el año de observación, Instituto Geográfico Nacional, Honduras C.A., y la prohibición de destruir la señal. A este tipo de señal, se le ha colocado una placa anexa de aluminio, donde se han grabado las entidades colaboradoras, además del número identificativo del vértice en la red, como se puede observar en imagen.



Fig. 3. Clavo de aluminio grabado prototipo del IP

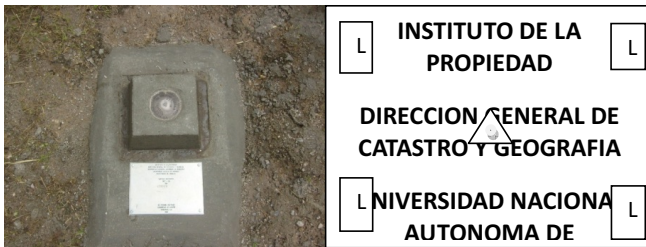


Fig. 4. Vértice COPECO, con clavo del IP y placa identificativa

- Clavos de aluminio con un nuevo diseño, similares a los del IP, de tamaño de cabeza de aproximadamente 9 cm, sobre la que se grabó todos los datos anteriormente indicados, sin necesidad de colocar la placa.



Fig. 5. Vértice Observatorio, con clavo de nuevo diseño.

Monumentación.

Una vez que se decidió la ubicación de cada uno de los Vértices Geodésicos de la Red, teniendo en cuenta los factores técnicos siguientes:

1. Terreno Accesible para aplicar Nivelación Geométrica.
2. Que no existan señales de Interferencia.
3. Que no hayan obstrucciones más altas de 10 grados con el horizonte.
4. No estar cerca de Construcciones con superficies reflectivas (Metal o Agua).
5. Área segura y preferiblemente en terreno plano.

Además de los condicionantes técnico, se tuvo en cuenta que para conseguir la perdurabilidad de las señales en el terreno y evitar posibles actos vandálicos, una buena medida era la colocación de las mismas en recintos

o parcelas pertenecientes a instituciones gubernamentales o municipales, a las que se les solicitó el oportuno permiso y consentimiento, como es el caso de los vértices (COPECO (Comité Permanente de Contingencia), IHSS (Instituto Hondureño de la Seguridad social), UNITEC (Universidad Tecnológica), etc.



Fig. 6. Vértice IHSS, en la azotea del edificio, acceso con escalera

La monumentación se realizó para que fuera permanente en el tiempo, perdurable y estable, para ello se han utilizado dos métodos:

- Los clavos que aprovechando rocas naturales, o localizaciones estables de hormigón, se perforaron, para posteriormente situar el clavo, recibéndolo con cemento.



Fig. 7. Trabajos de monumentación

- Los que fueron monumentados con un encofrado y el material utilizado para ello concreto hidráulico en una proporción adecuada. Se hicieron con materiales pétreos libres de suciedades y de material arcilloso. En la parte superior se colocó un disco metálico y una placa conmemorativa al proyecto.

Procesamiento de las mediciones

Se procesaron las sesiones aisladamente, al igual que se hizo para determinar las coordenadas de punto fundamental TEG1 con el fin de proceder posteriormente al ajuste de la red. El programa empleado ha sido TTC (Trimble Total Control). Se ha fijado para el cálculo una máscara de elevación de 10° e intervalo de épocas libre para adaptarse al del registro original de los datos. A modo de verificación se procesaron las cuatro primeras sesiones en base a las efemérides transmitidas y, también, con efemérides precisas, resultando innecesaria esta segunda precaución dado que la longitud de las líneas-base es pequeña, entre cinco y diez kilómetros de promedio.

Las líneas o vectores de cada subred o sesión (un día) se han compensado aisladamente y, a continuación se han extraído vector y matriz varianza-covarianza como un observable espacial 3D para el posterior ajuste conjunto de la red. Un vector de la sesión a modo de ejemplo:

```
GRP Solution 001 day 194 A type 06
3DD
DXYZ BASE_GPS CANTARERO -4750.9222 74.7088 1950.9496
COV CT UPPR
ELEM 4.740836350000E-007 -1.686125300000E-008 4.139629000000E-009
ELEM 1.221517897000E-006 -1.383442110000E-007
```

La matriz covarianza, por ser simétrica, se representa solo por los elementos de la triangular superior (UPPR), que servirá para ponderar o asignar pesos en el proceso posterior de ajuste general. Se aprecian valores de varianza optimistas pero bastará con adoptar un factor común a todas las líneas para escalar la incertidumbre de la red a la hora del ajuste.



Mediciones y cálculo

Las primeras observaciones se realizaron en TEG1 (como punto fundamental) siendo las sesiones de 24 horas (para determinar sus coordenadas). Los restantes puntos de la red fueron ocupados en sesiones más cortas según el proyecto de observación.

Se procesaron y ajustaron aisladamente las sesiones, al igual que se hizo para determinar las coordenadas de punto fundamental TEG1 con el fin de proceder posteriormente al ajuste de la red. El programa empleado fue TTC (Trimble Total Control). Se fijó para el cálculo una máscara de elevación de 10° e intervalo de épocas libre para adaptarse al del registro original de los datos.

Las líneas o vectores de cada subred o sesión (un día) se compensaron aisladamente y a continuación se extrajeron el vector y matriz varianza-covarianza como un observable espacial 3D para el posterior ajuste conjunto de la red. La matriz covarianza, por ser simétrica, se representa solo por los elementos de la triangular superior (UPPR), que servirá para ponderar o asignar pesos en el proceso posterior de ajuste general.

Cálculo del punto fundamental TEG1 y ajuste

Aunque se buscaron las coordenadas de TEG 1, a efectos de verificación y la copia de su ficha del NGS de US, pareció más apropiado seguir las recomendaciones de SIRGAS para estaciones "nuevas" y apoyarse en las soluciones de esta organización y de IGS

Se realizó un procesamiento con BERNESE con las estaciones SSIA (San Salvador), MANA (Managua), GUAT (Guatemala), CRO1 (USA), SCUB (Cuba) y GLPS (Galápagos, Ecuador). Por Internet se obtuvieron los datos de observación, las coordenadas de partida del último fichero de la red IGS, las efemérides precisas, los datos ionosféricos y solicitado los datos de marea y carga oceánica. Con todos ellos se procesaron las sesiones y, finalmente, una solución combinada (LOCAL GEODETIC DATUM: IGS05, EPOCH: 2010-07-20 0:00:00)

Las coordenadas obtenidas para TEG1 fueron:

	XYZ	Teg1	
	301692.757	-6181037.616	15428881.202

Resultados

Las coordenadas resultantes corresponden al marco de referencia SIRGAS, Datum IGS05 en la época 2010.55, y se presentan en cuatro formatos XYZ (cartesianas 3D), PLO (latitud, longitud y altitud ortométrica), PLH (latitud, longitud y altitud elipsoidal) y también NEO (norte, este y altitud ortométrica) para lo que se ha asociado la proyección UTM. Además, nueve de los veintidós vértices han sido nivelados lo que permite analizar el comportamiento del modelo EGM2008 en esta pequeña región.

La discrepancia media es de $-0.115 \text{ m} \pm 0.07$ pero los residuos apuntan la posibilidad de corregir el modelo con un plano ligeramente inclinado en las direcciones norte-sur y este-oeste. Hallados los tres parámetros mediante un ajuste por mmcc el sigma de la unidad de peso resultante es ± 0.039 . En consecuencia la corrección de altitudes es:

$$\text{ONDU}_{\text{modificada}} = \text{ONDU}_{\text{EGM2008}} - 0.146 - 1.3619\text{E-}05(\text{Norte} - 1557067.04) - 1.0918\text{E-}05(\text{Este} - 478068.69)$$

En la tabla siguiente se ha ejecutado la transformación de las coordenadas en ITRF2005 época 2005.55 a SIRGAS2000. Para ello se desplazan las coordenadas de la época 2005.55 a la época de referencia de SIRGAS2000, 2000.4; y a continuación mediante las velocidades de la estación con el modelo VEMOS2009 se obtienen para la estación Tegu1 los valores de $\{VX, VY, VZ\} = \{0.0094, 0.0018, 0.0054\}$ m/año. A continuación se transforma a ITRF2000 época 2000.4, coincidente con la definición de SIRGAS2000; para ello se emplean los parámetros de transformación entre ITRF2005 y ITRF2000 disponibles en http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/2005/tp_05-00.php, dichos parámetros están referidos a la época 2000.0 y son transformados a la época de referencia (2000.4) quedando:

Point Name	Northing	Easting	Height	Elevation	EGM2008
BASE_GPS	155953.196	478141.160	0	965.8502	5.3788
	2	0	971.2290	1145.080	
CANTARERO	1557923.068	473403.960	1150.427	0	5.3471
	6	3	1	1191.166	
CERROGRANDE	1561519.681	476455.947	1196.474	4	5.3078
	8	6	2	1014.800	
CICH	1557038.198	480620.456	1020.202	0	5.4029
	1	3	9	1037.909	
COBRAS	1560507.319	480625.111	1043.285	0	5.3766
	4	6	6	1102.371	
COPECO	1554451.490	470603.843	1107.756	3	5.3856
	5	0	9	1048.566	
EMPALME	1554904.949	481490.555	1053.999	0	5.4336
	6	4	6	1428.853	
HATILLO	1563590.076	483605.094	1434.251	5	5.3976
	4	5	1	1072.128	
IHSS	1559048.430	474993.665	1077.462	7	5.3339
	4	7	6	1005.172	
INICE	1552682.527	477805.344	1010.569	0	5.3974
	2	0	4	936.4913	
KM0	1559467.405	477904.174	0	1041.861	5.3477
	9	6	941.8390	9	
LAURELES	1554957.377	472800.227	1047.229	2	5.3673
	5	2	2	1072.645	
OBSERVATORI O	1557360.215	482812.055	1078.081	0	5.4360
	7	9	0	1369.018	
OLVIDO	1562386.787	471412.256	1374.287	7	5.2688
	8	1	5	997.9880	
PAC	1554423.978	476678.311	1003.363	0	5.3756
	9	6	6	1049.824	
PERISUR	1552730.530	475930.490	1055.204	7	5.3807
	2	5	7	1302.974	
PICACHO	1561182.281	479490.059	1308.322	1	5.3480
	9	6	1	1181.799	
SAUCE	1551356.393	475722.743	1187.186	6	5.3867
	8	3	3	1038.463	
SITIO	1560228.272	483503.765	1043.893	6	5.4301
	5	7	7	932.4764	
Teg1	1557697.718	477800.883	0	945.9604	5.3641
	1	7	937.8383	1048.074	
Teg1 (ARP)	1557697.718	477800.883	0	2	5.4470
	1	7	951.3223	1284.547	
UNITEC	1553270.172	481271.215	1053.521	2	5.5220
	8	8	2	3	
VILLANUEVA	1552164.234	484707.768	1290.069	3	
	3	0	3		

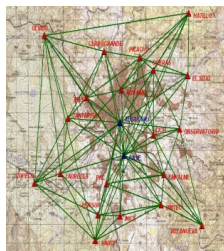


Fig. 8 Croquis y estructura de la Red

Las coordenadas resultantes corresponden al marco de referencia SIRGAS, datum IGS05 en la época 2010.55, y se presentaron en cuatro formatos XYZ (cartesianas 3D), PLO (latitud, longitud y altitud ortométrica), PLH (latitud, longitud y altitud elipsoidal) y también NEO (norte, este y altitud ortométrica) para lo que se ha asociado la proyección UTM. Además, nueve de los veintidós vértices han sido nivelados lo que permite analizar el comportamiento del modelo EGM2008 en esta pequeña región.



La discrepancia media es de $-0.115 \text{ m} \pm 0.07$ pero los residuos apuntan la posibilidad de corregir el modelo con un plano ligeramente inclinado en las direcciones norte-sur y este-oeste. Hallados los tres parámetros mediante un ajuste por mmcc el sigma de la unidad de peso resultante es ± 0.039 . En consecuencia la corrección de altitudes es:

$$\text{ONDU}_{\text{modificada}} = \text{ONDU}_{\text{EGM2008}} - 0.146 - 1.3619\text{E-}05(\text{Norte} - 1557067.04) - 1.0918\text{E-}05(\text{Este} - 478068.69)$$

Ajuste de altitudes ortométricas obtenidas de las elipsoidales menos EGM2008

Aplicaciones y conclusiones.

La implantación de la Red Geodésica de Tegucigalpa será de vital importancia en la gestión y ordenación del territorio, así como en aplicaciones como la geodinámica, las comunicaciones, astronomía, topografía, fotogrametría, teledetección y SIG, con aplicación directa en los programas de desarrollo que a continuación se enumeran:

- Actualización de la cartografía local y nacional.

- Catastro urbano y rural: La ubicación geoespacial de los predios rústicos y urbanos permitirá la depuración de los registros catastrales y la integración de una cartografía confiable, así mismo también permitirá la incorporación constante de las áreas de crecimiento urbano.

- Tenencia de la tierra: El posicionamiento geográfico dará seguridad jurídica a la propiedad, que fomentará la inversión local y extranjera en el municipio del Distrito Central.

- Ordenamiento territorial: Esta Red Geodésica permitirá definir los límites territoriales para determinar la dotación de servicios básicos y pago de impuestos, fomentando las interrelaciones entre caseríos y comunidades, resolviendo los derechos constitucionales o de propiedad e impulsará las áreas de crecimiento.

- Seguridad Pública: Permitirá la utilización de cartografía confiable para el mapeo de zonas delictivas.

- Gestión de riesgos.

- Apoyo a la red vial municipal:

- Saneamiento básico e infraestructura:

En definitiva, la exactitud de los resultados obtenidos, con precisión centimétrica, que han sido alcanzados en el establecimiento de esta Red Geodésica GPS en Tegucigalpa y su enlace con las redes oficiales de Centroamérica, servirán para el desarrollo de proyectos comprometidos con la generación y utilización de información georreferenciada en la región, tanto a nivel nacional como internacional. Además la Red GPS proporcionará el control básico esencial para el desarrollo de proyectos de Ingeniería, Catastro, Cartografía, proyectos Forestales, Agrícolas, Mineros, Educativos, Demarcación de Fronteras Nacionales, Estatales e Internacionales, Control de Aeropuertos, Represas Hidroeléctricas, Levantamientos Batimétricos, Proyectos Científicos, etc....

Referencias bibliográficas

Baselga Moreno, S. (2004) Cálculo, compensación e interpretación de resultados en redes locales de alta precisión observadas por GPS y topografía clásica con aplicación de análisis estadístico multivariantes y técnicas de estimación robusta. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia (España). Servicio de Publicaciones.

Berrocso Dominguez, (2004) M. El Sistema de Posicionamiento Global Universidad de Cádiz. Servicio de Publicaciones,

Casanova, M. Sistemas de Posicionamiento Global. Documento electrónico. (En línea). Disponible en www.mogt.org/aulavirtual/geodesiacartografia.

Franco Rey, J. (1999) Nociones de Topografía, Geodesia y Cartografía, Universidad de Extremadura.

González Matesanz, F.J., Quirós, R., Cano, Dalda, A. (2004) Posicionamiento GPS en tiempo real a través de internet. EUREF-IP. Congreso Nacional de Topografía y Cartografía Topcart 2004. Colegio Oficial de ITT, Madrid. Program and abstracts.

Maza Vázquez, F. (2009): Nuevas técnicas aplicadas a la cartografía municipal, S.I.G. y sectorización urbanística del Plan 2000: Guadalajara. Ed. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alcalá. España. 2009.

Mena Juan, B. (2008). Geodesia Superior. Geodesia Clásica. Volumen I. Ministerio de Fomento. Centro Nacional de Información Geográfica. Madrid. España. Enero 720 pag.

Mugnier, J; Clifford (1999). The Republic of Honduras. Grids&Datums. Photogrametric Engineering&Remote Sensing. SIRGAS, pag 754-755.

Plata Rocha, W. (2008). Curso de GPS. UNAH-UAH. Documento Electrónico (En línea). Disponible en www.mogt.org/aulavirtual/geodesiacartografia.

Sevilla, M.J.; Romero, P. (1990). Análisis estadístico de observaciones geodésicas antes de la compensación. Servicio de Publicaciones de la Universidad Complutense de Madrid (España). Citación: Física de la Tierra, núm. 2. 87-110

Enlaces de interés:

Indicaciones, guías y recomendaciones para las estaciones SIRGAS-CONSIRGAS: <http://www.sirgas.org/>

Página oficial del Proyecto presentado en esta ponencia:
http://www.geogra.uah.es/inicio/web_red_geod_tegucigalpa/objetivos.php

Monumentación de estaciones geodésicas:
IGS Geodetic Site Monumentation, pp. 91-107
<http://igsceb.jpl.nasa.gov/igsceb/resource/pubs/ntwk98/section3.pdf>

Monumentation of permanent GPS stations – UNAVCO
facility.unavco.org/project_support/permanent/monumentation/monument_table.html



LOS POBLADOS FORTIFICADOS EN LA VALLERIANA (PESCIA, PT, ITALIA). ANÁLISIS DE LA FORMA URBANA DEL CASTELLO DI PIETRABUONA

Alessandro MERLO¹
Pablo RODRÍGUEZ-NAVARRO²

¹Università degli Studi di Firenze
Dpto. di Architettura: Disegno, Storia, Progetto

²Universitat Politècnica de València
Dpto. de Expresión Gráfica Arquitectónica

Abstract

During last March 2011 was carried out an multidisciplinary expedition to survey the city of Pietrabuona. The data has provided a lot of information that makes possible the detailed documentation of the entire settlement. Pietrabuona Castle was built by the Bishop of Lucca, Pedro II (896-933), to control of the eastern frontier of the possessions of his diocese. The medieval center, consisting of a main road with buildings on both sides and at the bottom the noble palace, has been gradually increasing to their final structure after being conquered by Florence in 1364. Communication concerned the old town hall and the church of San Matteo in Bicciucolo, built along the XIVth century. Both buildings are face to face forming a small square in the town center, on which we can study the relationship between these edifices, showing the civil and religious powers of the Tuscany Middle Ages.

INTRODUCCIÓN

El estudio de los poblaciones medievales de la *Suiza Pesciatina* (como el desterrado Sismonde de Sismondi la definió a finales del siglo XIX por su parecido geográfico con el país alpino) se ha llevado a cabo a partir del 2006 por un grupo de trabajo formado por arquitectos, paisajistas, arqueólogos medievales, geólogos, historiadores e historiadores del arte, coordinados por el profesor Alessandro Merlo[1]. El aspecto multitudinario del equipo y la integración de los resultados de los distintos estudios sectoriales han permitido seguir con éxito las diferentes etapas de transformación de los estos asentamientos, ya sea a nivel urbano, como a nivel de tejido edilicio, partiendo de sus trazas. La investigación sobre Pietrabuona, el tercer centro analizado después de Aramo [2] y Sorana [3], se encuentra dentro de esta línea de investigación [4].

OBJETIVOS

El castillo de Pietrabuona (Pescia – PT), documentado a partir del 914, fue construido por el Obispo de Lucca Pietro II (896 - 933 d.C.) para el control del límite oriental de las posesiones de la Diócesis [5]. Las fuentes documentales consultadas, el análisis metrológico realizado después de la campaña de levantamiento integrado (a través del uso simultáneo de un escáner láser FARO 8080 y una Estación total Leica TS02), que permitió la toma de una cantidad masiva de información capaz de documentar en detalle el patrimonio urbano y arquitectónico de todo el castillo (fig. 1), y las investigaciones estratigráficas murarias, hicieron posible la evaluación de la estructura del asentamiento original y sus posteriores etapas de transformación.

En esta comunicación se proporcionan algunos estudios previos bajo la hipótesis de que Pietrabuona, a partir de su fundación, se ha ido desarrollando siguiendo esquemas urbanos elaborados por la ciudad dominante del momento y que, en particular, los edificios públicos del asentamiento del siglo XIV revelan los rasgos de una dialéctica entre el poder civil y el poder religioso, típico de las ciudades de mayor linaje.

CONTENIDO

En el norte de la Toscana, las laderas de los Apeninos Tosco-Emiliano se caracterizan por un sistema orográfico "a peine". Las porciones de territorio rodeadas por dos cordilleras paralelas están dotadas, en muchos casos, de una específica identidad que, incluso en las complejas relaciones con las zonas colindantes, hace posible sus estudios de forma autónoma.

La estructura de los asentamientos de estos organismos territoriales tiene, por lo general, una serie de centros colocados en las cresterías menores, conectados por senderos de la cordillera o por caminos a lo largo de la ladera, y un asentamiento de mayor importancia en el valle, cerca de un cruce del curso de agua principal, con la función de colector de personas y mercancías.

La Valleriana sigue exactamente la estructura que acabamos de describir: surcada por el río Pescia de Pescia, presenta tres subsistemas: el Valle de Torbola, el Valle Avellanita y el Valle Arriana, respectivamente cruzados por el arroyo Torbola, el arroyo Pescia de Vellano y el arroyo Pescia de Pontito. El sistema "asentamiento de montaña" se compone de diez pueblos fortificados (castillos), datables en los siglos X y XI, nacidos principalmente como destacamentos con objetivos económicos y militares en el territorio [6]. En particular, por la peculiar posición geográfica de la Valleriana, ubicada en la frontera entre las tierras de la ciudad de Lucca y

Pisa, por un lado, y de las de Pistoia y Florencia por el otro, los asentamientos, bajo el control de una o la otra parte "dominante", siempre han jugado un importante papel estratégico (fig. 2).

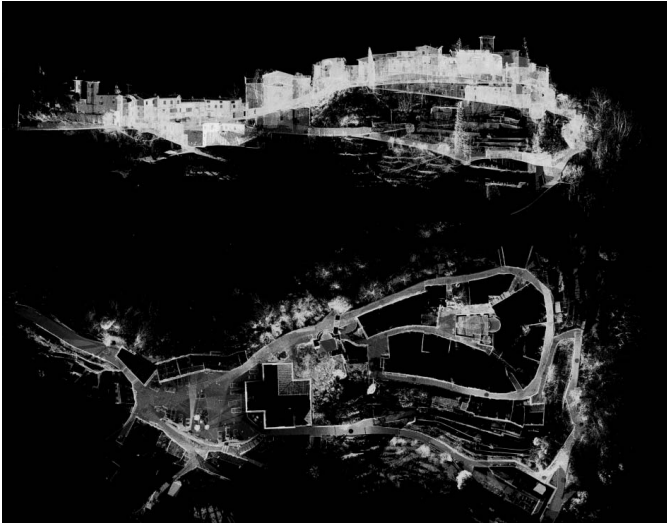


Fig 1. El conjunto de las 108 nubes de puntos del Castillo de Pietrabuona

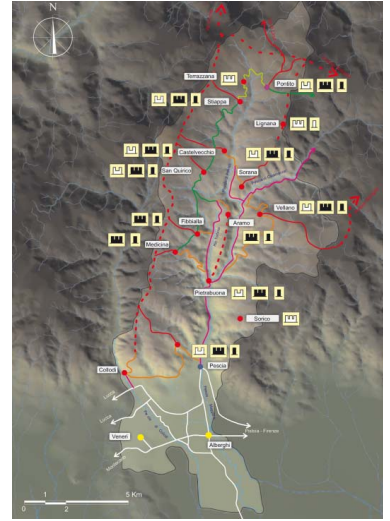


Fig 2. La Valleriana se compone de tres subsistemas de valles atravesados por los tres afluentes mayores del río Pescia de Pescia. A la entrada de este "organismo territorial" se encuentra el asentamiento de Pietrabuona

En este territorio el término castillo no asume nunca el sentido de fortaleza, pero está vinculado a un asentamiento completo, ceñido por una muralla, primero de madera y luego lítica, para la defensa del núcleo poblado, presidido a su vez por un edificio preeminente, sede del aristocrático local. La presencia obispal, a pesar de que en la Valleriana la forma del municipio rural fue ejercida precozmente con respecto de otras partes de la Toscana (1143 Villa Basilica, 1163 Pescia), siempre impidió, en realidad, la plena formación de las señorías.

PIETRABUONA



Fig 3. El castillo de Pietrabuona, un típico asentamiento medieval temprano de "cabeza de cresta"

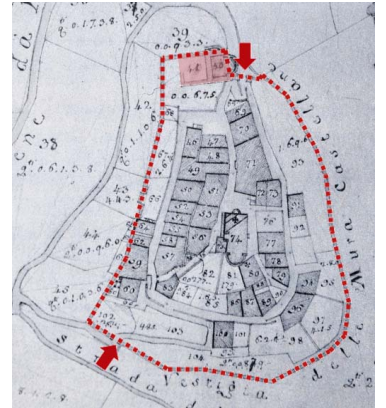


Fig 4. El circuito de las murallas del castillo y las dos puertas sobre un mapa catastral de finales del siglo XVIII

Por lo que se refiere a Pietrabuona (fig. 3), la literatura existente hace en efecto referencia a actos notariales en los que, en el año 914 d.C., el Obispo de Lucca concedió las parcelas de terreno para que los libertarios construyeran no sólo sus viviendas, sino también la correspondiente porción del circuito amurallado [7]. Un



hecho que nos lleva a la hipótesis de que tales concesiones se hicieron sobre la base de un proyecto a escala urbana en el que se pensó, al menos, la planta del asentamiento a levantar. De aquí la definición de tierras nuevas "ante litteram" [8].

Numerosas alineaciones de los edificios más antiguos hacen especular que el primitivo asentamiento se encontraran en la parte superior de la colina, en una estrecha área caracterizada por laderas muy escarpadas y, por lo tanto, defendibles también en ausencia de particulares obras murales. El originario núcleo planeado, delimitado presumiblemente por una valla de madera y compuesto por dos varillas paralelas de edificios, con una construcción al fondo (esta última verdaderamente prevista, pero construida sólo en una segunda fase) fue abandonado antes de tiempo, tan sólo cincuenta años después de su construcción [9].

El típico asentamiento medieval temprano de "crestería" fue gradualmente reemplazado por un centro más grande realizado a través de una serie de nuevos edificios construidos en la parte oriental, cerca de la primitiva muralla, y atestados en una ruta circular que sigue la curva de nivel de +175 metros. Esta expansión, que se produjo tras el paso de Pietrabuona bajo el dominio florentino en 1364, a su vez está rodeada por una muralla caracterizada por la presencia de dos puertas: una en la ruta norte hacia Medicina y otra al sur en dirección de Pescia, con una imponente torre erigida utilizando partes de los muros de la primitiva iglesia de San Matteo.

De las murallas quedan algunos tramos a lo largo de las laderas meridional y oriental de la colina mientras gran parte de las estructuras a occidente han sido incorporadas dentro de las residencias que, en consecuencia del gradual abandono de la función puramente defensiva del sistema, fueron construidas adosadas o incluso a caballo de este último (fig. 4).

Se atribuyen también a finales del siglo XIV, la iglesia de S. Matteo en Bicciuccolo y el presunto edificio municipal (fig. 5), que se enfrentan en la plaza principal [10]. A diferencia de los hechos que ocurrieron en otros castillos, los símbolos del poder político y del eclesiástico no se construyen cerca del asentamiento original, sino en el centro del mismo, convirtiéndose en motivo de una reestructuración sustancial de todo el asentamiento. En ausencia de ulterior documentación, solo podemos afirmar que para hacer sitio a los dos edificios fue necesario demoler una parte del tejido originario.

El tamaño, ya sea de la iglesia o del edificio municipal, se ajustan metrológicamente a los brazos florentinos, revelando el hecho de que su construcción debe haber ocurrido después de la conquista por parte de la ciudad de la flor de lis.



Fig 5. Iglesia de San Matteo en Bicciuccolo (siglo XIV) (a la izquierda) y Palacio Comunal (siglo XIV) (a la derecha)

CONCLUSIONES

Las relaciones métricas y geométricas entre los dos edificios y la plaza misma enseñan una intencionalidad de proyecto [11] no común por un asentamiento que ha sido considerado hasta este momento, como secundario en el territorio pesciatino.

En detalle, los elementos destacables relativos a este espacio urbano son:

- La presencia de una única plaza geoméricamente definida pero asimétrica, centro del cruce de todas las vistas, que acoge los edificios necesarios para la vida pública (fig. 6);

- La elección de la visión de esquina en función de la profundidad de la vista: los elementos individuales de la composición están dispuestos de acuerdo con reglas específicas de acentuación de dicha profundidad. Uno de los temas espaciales que presenta, por ejemplo, viene dado por el rincón vacío en el que se encuentran a 90° el frente principal del edificio municipal y el lateral de la iglesia (fig. 6.1);
 - La falta de alineación de las dos fábricas con el fin de permitir la vista de parte de la fachada principal de la iglesia directamente desde la calle principal (fig. 6.2);
 - La alteración de la profundidad interior del edificio religioso a través de medidas correctivas: la planta del edificio está deformada de rectangular a trapezoidal, una operación que da lugar a una rectificación de la fuga de las paredes y, por lo tanto, a un enfoque hacia el ábside (fig. 6.3);
 - El empleo del campanario como eje vertical de la composición: también este elemento trapezoidal ha sido colocado en la parte derecha de la iglesia, en el eje central del asentamiento (fig. 6.4).
- Tales artificios, hechos para facilitar la vista de la fábrica religiosa con respecto de aquella seglar, subrayan, en este caso y sin dudas, la preeminencia del edificio religioso con respecto al palacio Comunal, confirmando una vez más la importancia de la presencia del obispo en estos territorios.

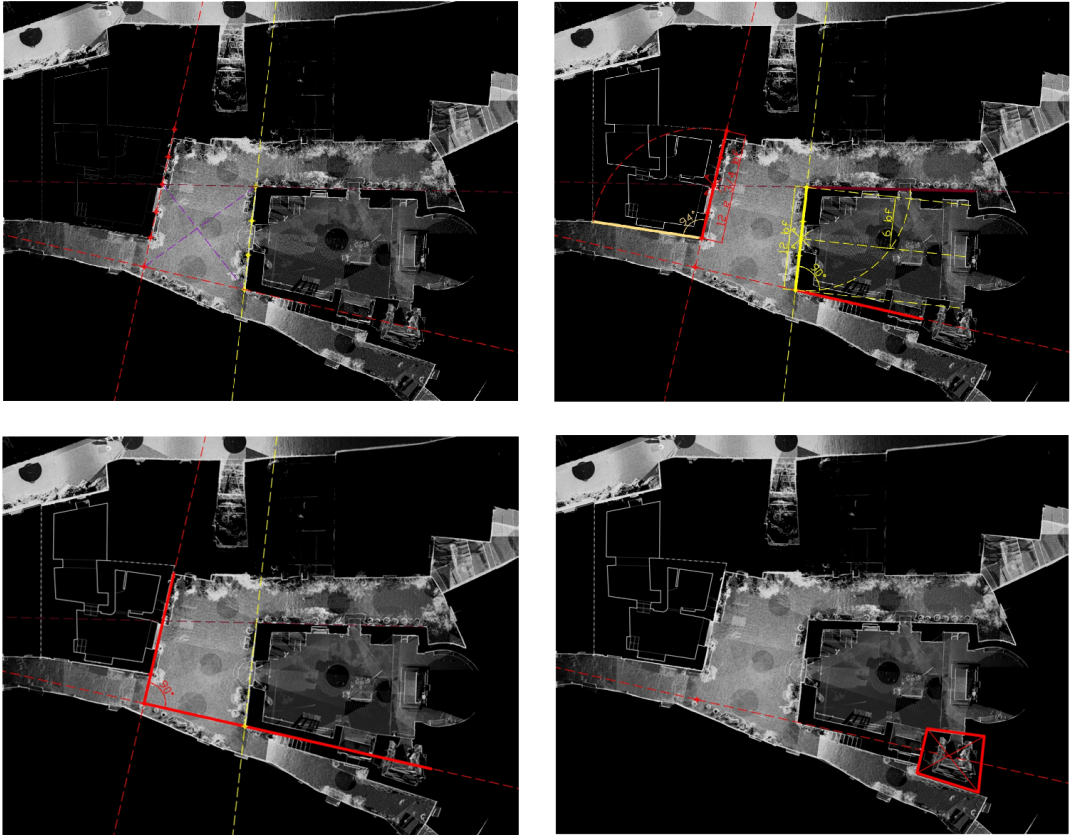


Fig 6. La plaza central del asentamiento sobre la que se centran las sedes del poder religioso y político (planta a cuota +1.20 m). De izquierda a derecha y de arriba abajo se hacen notar las geometrías y relaciones proporcionales entre la plaza y los edificios públicos. La desalineación entre las dos fábricas permite la vista de la iglesia a los que entran al castillo por la puerta principal

Referencias

[1] Equipo de investigación: responsable científico: Prof. Alessandro Merlo; coordinación general: Ph.D. Arq. Gaia Lavoratti; coordinación del equipo español: Prof. Pablo Rodríguez Navarro; responsables del levantamiento digital: Prof. Giorgio Verdiani, Ph.D. Arq. Filippo Fantini; campaña de levantamiento escáner láser: Ing. Alessandro Peruzzi (Area 3D srl); campaña de levantamiento topográfico: Ph.D. Arq. Francesco Tioli; responsable del análisis arqueológico: Dr. Antonino Meo; responsable del análisis histórico: Dr. Elisa Bechelli; responsable del análisis del paisaje: Dr. Emanuela Morelli; responsable del análisis histórico-artístico: Ph.D. Emanuele Pellegrini; responsable de las análisis sobre la calidad urbana: Arq. Duccio Troiano; análisis geológico: Dr. Serena Di Grazia; análisis iconológico: Cinzia Jelenovich; investigadores: Ph.D. Arq. Uliva Velo, Ph.D. Arq. Laura Aiello; Ph.D. Arq. Francesca Grillotti; Ph.D. Arq. Erica Ganghereti; Arq. Sabino Pellegrino; Arq. Sara D'Amico; Arq. Silvia Bertacchi.



- [2] Merlo A., Juan Vidal F. 2008, "Nuevas aplicaciones del levantamiento integrado (rilievo)", in *Arché*, 3/2008, Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, pp. 307-316.
- [3] Merlo A. 2010, *Il castello di Sorana*, Edizioni ETS, Pisa.
- [4] Título del proyecto de investigación: "Rilievo e documentazione del borgo murato di Pietrabuona (Pescia – Pistoia)". Istituto de investigación: Università degli Studi di Firenze. Duración: desde 1/1/2010, hasta 31/12/2012. Responsable científico: Prof. Alessandro Merlo. Referencia: n° 1.12.03 SDISMERLATEN10.
- [5] El documento más antiguo conservado es el acta de alineaciones de una casa y un pedazo de tierra "infra castello, quae dicitur Petra Bovula" de propiedad de la iglesia de S. Frediano de Lucca emitido por el obispo de Lucca Pedro II en favor de Adalprando hijo de Godalperti (AALU, Diplomatico, A54, 4 Gennaio 914).
- [6] Quirós Castillo J.A. 1999, "El encastillamiento en el territorio de la ciudad de Luca (Italia). Poder y territorio entre la Alta Edad Media y el siglo XII", *British Archaeological Reports*, International Series 811, Oxford.
- [7] Como los castillos contemporáneos de Aiolo de Moriano, Santa Maria del Monte y San Gervasio (cfr. Spicciani A. 1996, "Benefici livelli feudali: intreccio di rapporti tra chierici e laici nella Toscana medievale. La creazione di una società politica", in *Studi Medioevali*, 2, Pisa, pp. 154-271)
- [8] Merlo A., Lavoratti G. 2012, "An ante litteram newfoundland: the castle of Pietrabuona", in Parrinello S., Bertocci S., Pancani G., *Between East and West. Transposition of cultural systems and military technology of fortified landscape*, Edifir, Firenze, pp. 158-160
- [9] Basándose en las posesiones de la Plebs de Piscia (las primeras noticias documentales que certifican el paso son los Estimi de la Diócesis de Lucca), el asentamiento fue poblado de nuevo, asumiendo el papel de centro de control de hombres y mercancías en tránsito por los centros de la montaña a lo largo del valle de la Pescia Mayor y del importante eje de enlace entre el recorrido de la Cassia Clodia y el valle de la Lima.
- [10] Redi F., Amendola A. 1991, *Chiese medievali del Pistoiese*, Amilcare Pizzi Editore, Milano, pp. 64-220.
- [11] Guidoni E. 1967, *Arte e urbanistica in Toscana 1000-1315*, Roma, pp. 127-146.

EL USO DE NUEVAS HERRAMIENTAS GRÁFICAS EN LA INTERVENCIÓN PATRIMONIAL: LA REHABILITACIÓN DE LAS ANTIGUAS CARNICERÍAS REALES DEL SIGLO XVI DE PORCUNA (Andalucía).

Pablo Manuel MILLÁN MILLÁN

Universidad de Sevilla
Departamento Expresión Gráfica Arquitectónica

Resumen

El proceso de rehabilitación patrimonial se configura en la contemporaneidad como un ejercicio de síntesis en el que se analiza de forma sistemática el proceso constructivo, compositivo, organoléptico, etc. Estos procesos de descomposición no suelen ser evidentes cuando las realidades sobre las que nos toca intervenir son el resultado de continuos procesos de transformación y sedimentación histórica. Para poder acometer cualquier acercamiento a estos elementos o conjuntos necesitamos la ayuda de numerosas herramientas.

El resultado es un proyecto contextualizado en forma y discurso, en el que la fotogrametría, la restitución muraria y estructural, la lectura paramental, la investigación bibliográfica existente y el dibujo de elementos conexos e inconexos, junto con estratificación de elementos gráficos arqueológicos, etc. han configurado un 'unicum' para determinar una herramienta de intervención, personalizada para esta obra y determinada por los requerimientos de la misma.

Palabras clave: Patrimonio, herramientas gráficas, investigación gráfica, rehabilitación

Abstract

Present-day heritage restoration entails a process by means of which construction, composition and organisation are systematically analysed. Such decomposition processes do not remain evident when the entities to be dealt with are the result of ongoing transformation and historical sedimentation. In order to carry out any approach to any of these elements or groups of elements, we are in need of several tools. There is where the importance of the graphic tools lies, adding a potential not yet discovered.

The result is a contextualised project in both, form and discourse. Photogrammetry, wall and structure restoration, study of the existing bibliography, drawing of related and unrelated elements, 3D volumetry, stratification of archaeological graphic elements, etc. have combined as a "unicum" to shape a working tool, personalised for this approach and determined by its requirements and needs.

Key words: Heritage, graphics tools, graphics research, rehabilitation.

INTRODUCCIÓN

La investigación contemporánea demanda una serie de herramientas que aporten a la comunidad científica internacional nuevos filones de trabajo, en los que las herramientas gráficas aplicadas a la edificación tienen mucho que decir. La interdisciplinariedad no se hace necesaria por una nueva inercia, sino que es fundamental porque con el cruce de disciplinas podemos analizar desde la globalidad junto con el detalle. Igualmente ocurre con las herramientas gráficas.

En la intervención que presentamos, la herramienta gráfica fue decisiva a la hora de acercarnos a la complejidad de los restos heredados y, por tanto, clave para determinar la mejor forma de acometer e intervenir. La realidad que nos llegaba era la de unos restos superpuestos sobre los que se había actuado recientemente sin criterio, precisamente por falta de una herramienta gráfica solvente y un discurso multidisciplinar posterior. Se trataba de un conjunto de lienzos de murallas medievales sobre restos de muralla romana que, a su vez, se asentaban sobre un yacimiento arqueológico ibérico. No era la primera vez que interveníamos en un conjunto de similares características, aunque sí la primera que lo hacíamos con estructuras emergentes.

La metodología gráfica empleada en la intervención e investigación previa, objeto de la comunicación, fue la lectura de paramentos que se hacían evidentes tras la plasmación gráfica de las estructuras emergentes. El dibujo, como si se tratara de una radiografía de lo construido, nos permitía mostrar todas las discontinuidades y áreas homogéneas, estableciendo así un criterio de datación seguro. Tras algunas restituciones fotogramétricas e, incluso, análisis químicos de los morteros, pudimos determinar una herramienta gráfica precisa que, a priori, nos desdibujara el estado original del edificio sin previamente haber intervenido.

El proyecto de arquitectura posteriormente construido respondió a este proceso investigador ya que se fue modificando desde su origen para ir adaptándose a los nuevos requerimientos exigidos por los resultados de la investigación. La novedad del proceso radicaba en que en todo momento se fueron graficiando y analizando los



dibujos obtenidos, siendo estos cruzados con los anteriores e incluso con propuestas de otros autores sobre edificios de similares características.

OBJETIVOS

La expresión gráfica, como herramienta de investigación, nos permite establecer un discurso de síntesis gráfica de un elemento heredado, como puede ser una estructura arqueológica o cualquier resto emergente. En el patrimonio, el dibujo se vuelve un testigo excepcional, ya que de forma directa y clara sintetiza una realidad y evidencia las características propias de ésta. Así, procesos como la lectura estratigráfica de paramentos, tan extendida y aceptada por la comunidad científica (Brogiolo, 1995: 31) y tan aplicada en la investigación del patrimonio edificado, cobran un mayor impacto cuando además son aplicados a volúmenes y, por tanto, a conjuntos completos. Si a la aplicación del principio de superposición de Harris (Harris, 1991), aplicado fundamentalmente a estructuras planas, le añadimos la tercera dimensión, grafando todos los cortes sucesivos, obtenemos una 'volumetría cronológica' capaz de poder devolver la información que en todo momento sea requerida.

Así, este texto se plantea tres objetivos fundamentales. Primero, mostrar cómo el llevar la herramienta gráfica a su forma más prístina aporta la objetividad que requiere la intervención en patrimonio, dejando de lado todas las recreaciones virtuales que podrían ser elementos de confusión y distracción. Segundo, clarificar la importancia de la datación gráfica sucesiva y cronológica en el proceso de intervención como registro gráfico. Y tercero, evidenciar cómo conjuntos de técnicos pluridisciplinarios trabajando gráficamente en todo momento y de forma continua en el proceso de obra, elevan exponencialmente los resultados de la investigación.

Así, de forma genérica, podemos decir que el proyecto que presentamos se ha desarrollado bajo estas tres premisas: el dibujo sistemático; correspondencia paramental y estratigráfica de todo el material gráfico, apoyado con otras herramientas puntuales como la restitución fotogramétrica; y la comprobación sistemática multidisciplinaria. El propósito de este artículo es pues mostrar esta experiencia de aplicación de un método dentro del discurso pluridisciplinar del equipo.

Durante el transcurso previo de la investigación y posterior intervención en el elemento patrimonial hemos ido subrayando algunos requerimientos demandados a la investigación gráfica aplicada a los que hemos pretendido dar solución. Estos eran:

- La complejidad de la intervención patrimonial, por la propia heterogeneidad de contenidos. Encontrar herramientas capaces de sintetizar y analizar toda la información, obteniendo resultados proporcionales
- La necesidad de instrumentos de análisis para desarrollar nuevas herramientas de intervención en patrimonio que partan de datos objetivos contrastados y compartidos con otras disciplinas que eviten desarrollos efectistas.
- La necesidad herramientas de gráficas como herramienta de convergencia de datos para síntesis y obtención de resultados tanto de 'lo presente' como de 'lo ausente', es decir, herramienta que también use las ausencias patrimoniales como un dato más a la hora de proyectar la rehabilitación.
- La búsqueda de una metodología apropiada para el ámbito a intervenir en el que se articulen la fotografía, termografías, dibujos, toma de datos *in situ*, etc.
- La necesidad de una herramienta versátil, que permita modificar el proyecto en función de los resultados de la investigación, del resultado del estudio de materiales, por lo que se acaba estableciendo una estratigrafía muraria estratificada.

CONTENIDO

La investigación aplicada a la intervención en patrimonio comienza siempre con la tensión entre lo que es evidente y lo que es aparente (Arce, 1999: 237). Reconocer el edificio en su origen es parte previa de todo acercamiento e intervención en el material inmueble heredado. Si a ello unimos que las estructuras materiales sobre las que actuamos son el mejor documento histórico, podemos concluir que intervenir sobre un elemento patrimonial inmueble es la responsabilidad de saber leer el documento con la precisión que requiere el hecho de conocer que ese bien es una cronología en sí misma. Siendo conscientes de la complejidad que encierran estos procesos de investigación (Tabales, 2002) hemos querido adentrarnos en el campo común a la arqueología y a la arquitectura buscando las 'metodologías convergentes'.

- El elemento patrimonial:

Las Carnicerías Reales de la Plaza Mayor de Porcuna s. XVI (Andalucía), es un edificio con doble protección legal:

Por un lado se encuentran dentro del conjunto 'Plaza de Andalucía' de las Normas Subsidiarias de Planeamiento Urbanístico redactadas en febrero de 1987 y aprobadas en 1988. Por otro lado es colindante a un resto de paño de muralla y de una de las torres del Castillo que es Bien de Interés Cultural. Dentro del conjunto geomorfológico donde se ubica el casco antiguo de la ciudad de Porcuna, la zona de actuación se localiza en la parte alta, cercana a la cima de la meseta del cerro del Castillo. Hablamos de una unidad geomorfológica peculiar y excepcional que forma parte de un conjunto que constituye el cerro amesetado en el cual se

emplaza la ciudad. Dicho conjunto está ocupado desde el inicio de la Edad de los Metales, en los sectores de San Marcos-Los Alcores, al NO, y tiene como recurso esencial, que lo distingue de otras formaciones similares cercanas, la ubicación de un manantial en la parte más elevada del cerro (Madoz, 1849, 154-155). Este acuífero tiene el origen y el nacimiento en un sector de la Villa medieval relativamente cercano al lugar que nos ocupa.



Fig 1. Edificio antes de ser intervenido. 2001. Fototeca ARQVIPO.

El edificio se mantiene estructuralmente de forma correcta hasta 2001, año en que se plantea su demolición. Se proyecta la construcción de un nuevo edificio dentro de un lenguaje postmoderno y que, olvidando su carácter de construcción singular y protegida, es intervenida de forma ajena a un proceso de investigación y datación, llegando a confundir la portada de sillería con "elementos de yeso añadidos a posteriori". A todos estos éstos equívocos se unen intervenciones poco agraciadas, ya no solo por lo estético, sino por el estado de semi-ruina al que es sometido el edificio (Fig 2). Transformaciones ajenas a una lectura paramental o, simplemente, de elementos emergentes nos dejan como resultado un edificio con graves patologías a resolver e intervenciones equivocadas a eliminar. Para todo ello la herramienta fundamental -como desarrollaremos posteriormente- fue el dibujo sistemático de todos los elementos emergentes junto con el análisis de materiales, lo que nos permitió establecer concordancias entre dibujo y edad histórica, hecho fundamental para acometer un proyecto de estas características.



Fig 2. Edificio tras una intervención sin investigación previa. 2009. Fototeca ARQVIPO.

Un hecho tan lógico como es el estudio gráfico de las estructuras antiguas (Giuffré, 1991) puede llegar a evidenciar no solo concordancias históricas, sino algo fundamental: patologías históricas. El muro de fachada del proyecto, además de su datación histórica (s. XVI), tenía un desplome muy considerable. La resultante teórica de carga del muro de sillería se había desplazado más de 20 cm. de la original. Si bien el desplazamiento podría haber sido justificado de forma lógica por el terremoto de Lisboa de 1755 o por el propio agotamiento del muro de sillar, quedaba la incógnita de por qué ese desplome era más agudo en una zona



que otra. Es evidente que un ejercicio de investigación sistemática, como el que comenzamos con el proyecto, nos desvelaría no solo la historia de lo acontecido sino las patologías que tuviera el edificio.

- La investigación gráfica aplicada:

La herramienta gráfica es de gran ayuda cuando en ella convergen dos características fundamentales: la sistematicidad y la objetividad. Casi como el intento de Mancelí en su *Nobilis ac regiae Civitas Valentiae in Hispania* de dar un sentido de objetividad al dibujo, limitándose a graficar exclusivamente lo existente (Arévalo, 2003), partimos de una realidad muy alterada, con incursiones no solamente en elementos emergentes, sino también en el subsuelo, ya que desafortunadas 'catas' mecánicas contaminaron los cortes arqueológicos. "Una unidad de estratificación arqueológica ocupa su lugar exacto en la secuencia estratigráfica de un yacimiento, entre la más baja (o más antigua) de las unidades que la cubren y la más alta (o más reciente) de todas las unidades a las que cubre, teniendo contacto físico con ambas y siendo redundante cualquier otra relación de superposición" (Harris 1991: 52-58) Este discurso, llevado no solamente a la excavación arqueológica propiamente dicha, sino también a los paramentos y a las recientes incursiones, nos ha permitido poder establecer un sistema claro en la estratigrafía 'espacial' del edificio.

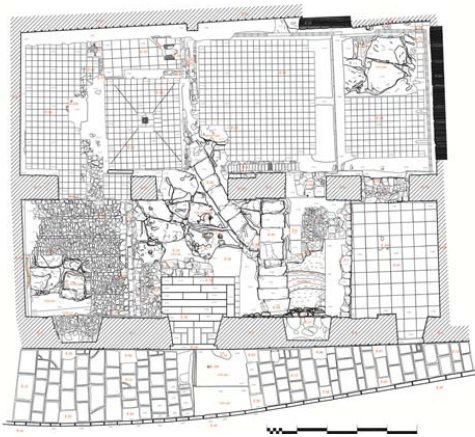


Fig 3. Dibujo de la planta, tras la primera excavación arqueológica. 2009. ARQVIPO.

El enfoque del planteamiento inicial de la investigación aplicada ha sido, en todo momento, el de establecer un sistema que haga converger toda la documentación (que no ha sido poca), enlazándola con las evidencias materiales del edificio legado a nosotros. Prueba de ello es que el proceso de investigación previa durante la excavación arqueológica, junto con la investigación posterior, fueron los momentos más dilatados en el tiempo. La garantía de este sistema meticuloso con el proceso es saber que una vez tenido todo claro se evidencia lo que el proyecto de arquitectura ha de resolver, lo que no y lo que no se puede plantear. Aunque pueda parecer una evidencia, la arquitectura en la intervención patrimonial no puede ni debe ir como algo posterior a la investigación histórica. Ahí radica la importancia de la herramienta gráfica, en ser el hilo conductor desde los primeros acercamientos de la investigación hasta los últimos resultados del proyecto arquitectónico. Es, sin duda, el espectro más amplio dentro la intervención patrimonial.

Aunque los datos históricos en documentación escrita son importantes, será la realidad material la que condicione y oriente la dirección de la investigación y, por tanto, de la intervención. En el proyecto que presentamos, la evidencia fotográfica y documental chocaba de frente con la intervención realizada anteriormente, con lo que el proceso comenzó en 'desandar lo andado'. Algo tan evidente como un 'plano de morteros de cemento' nos podría mostrar todas las incursiones realizadas en los últimos años. A esto nos referimos con la versatilidad de las herramientas gráficas aplicadas a la multidisciplinariedad.

Como adelantábamos anteriormente, la detección de las patologías fue otra de las numerosas partes de la investigación en las que la lógica y las evidencias materiales representadas gráficamente, unidas a los usos del edificio a lo largo de la historia, desvelaron lo insospechado. Precisamente, fueron las numerosas patologías en ámbitos puntuales las que nos acercaron a poner más atención a determinados elementos, como el desplome de fachada o la alteración completa de una crujía mientras que la otra permanecía intacta.

La simple limpieza del solar de actuación, unida a la descontaminación de las catas anteriores realizadas sin criterio, ralentizó el proceso, dado que la lectura hubiera sido más rápida de haber tenido desde el principio el corte estratigráfico limpio. Al no ser así, había que llevar al edificio a un momento 'primigenio' en el que las alteraciones citadas no aportaran ni restaran nada, es decir, había que eliminarlas. Este simple hecho, al ya mencionado de dibujar el estado, empezó a devolver información de forma exponencial. Tal como se observaba en el dibujo anterior (Fig. 3), la planta estaba salteada de varios pozos de extracción de agua, algo

normal si se estudian las tipologías de carnicerías hasta bien entrado el siglo XX. Ahí la lógica iba de la mano de la evidencia, pero no aportaba gran información sobre las grandes patologías. Todo ello es clarificado cuando, de forma objetiva y concienzuda, el equipo realiza un levantamiento exacto de todos los elementos datados y se observa una posible estructura de canalización que atraviesa el muro de fachada por el lugar de máxima carga. Desde ese momento, una sección cronológica (fig. 4) nos evidencia la presencia de una atarjea romana, elemento que por su tamaño había generado cierta inestabilidad al cimiento del muro de sillar de fachada.

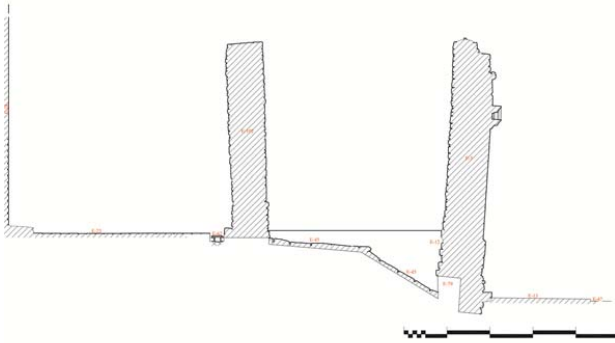


Fig 4. Sección por atarjea romana. 2009. ARQVIPO.

El hecho de que una estructura emergente se intervenga, lleva consigo el discernimiento de qué es lo que se quiere mostrar de ella. Las numerosas intervenciones que a lo largo de la historia se van dando cita sobre estos elementos van alterando su aspecto originario, que en numerosos casos no es el mejor para mostrar. De esta manera, por el estudio de secuencias de acciones constructivas se puede ir viendo la evolución del inmueble así como las incursiones más afortunadas o desafortunadas. La representación gráfica objetiva, con el apoyo de la restitución fotogramétrica, junto con la metodología de la lectura paramental, permite establecer un análisis 'cronográfico' de cualquier estructura (Caballero, 1995). En el proyecto de las Carnicerías Reales de Porcuna el proceso se hizo sabiendo a priori que el llevar el aspecto del edificio a su reconocimiento original no era el principal objetivo. Se buscaba, analizando lo legado hasta nuestros días, dejar la construcción como legado histórico con todas las alteraciones realizadas con el paso del tiempo. Así, se eliminará una fuerte intervención realizada por el Plan General de Regiones Devastada, dado que ésta exclusivamente atendía a su conservación estructural, patología que quedaba resuelta con la actual intervención.

Una de las ventajas de hacer un análisis gráfico, en secuencia temporal y sistemático, es que sin necesidad de herramientas efectistas ni complejas, podemos determinar el resultado de éste deteniéndonos en el momento cronológico establecido. Esto ofrece la ventaja de, al asemejar las incursiones estructurales como 'estratos gráficos', facilitar el análisis y la comprensión de la intervención desde el conjunto, no desde lo objetual, enmarcándolo siempre dentro del discurso histórico. El uso de la estratigrafía muraria en la intervención nos ofrecía no solamente una datación cronológica, sino también el conocimiento de un material determinado en un momento determinado para un uso determinado. Así, algo que pudiera parecer circunstancial o anecdótico, como era la aparición de estucos rojos, se volvía fundamental cuando se analizaba que era el betún utilizado para impermeabilizar la piedra cuando se usaba en edificios de carnicerías o pescaderías. Una secuencia histórica, tipológica y organoléptica nos ha permitido obtener resultados objetivos libres de opinión. Sabiendo que *"la sintetización pretende recuperar la comprensión formal y la unidad social que tuvieron"* (Caballero, 1996), la intervención sistemática con dibujo paramental asociado a otras herramientas gráficas intenta huir de resultados gráficos efectistas que quedan lejos del dibujo como instrumento científico. El conocimiento y caracterización de sistemas constructivos de tiempos anteriores como evidencias cronológicas, aporta la claridad que necesita un elemento sobre el que se ha actuado sucesivamente. Sin entrar en la crítica a herramientas gráficas de recreación virtual o de modelados 3D, sí subrayamos la importancia de no hacer de lo lógico una evidencia, cosa muy usual en este tipo de métodos que no suelen ir acompañados de fuertes discursos teóricos. Es por este motivo, por no querer que la herramienta o el resultado esperado fuera por delante de la investigación, por lo que siempre hemos creído que el análisis paramental en secuencia cronológica se adaptaba mejor al proceso. Hemos de recordar que el empleo de la simplificación aquí es sinónimo de eliminación. Cualquier uso gráfico que opte por suponer, simplificar o recrear, lleva consigo implícito el riesgo de alterar, confundir y, lo que actualmente está muy de moda, tematizar. Huyendo de tales riesgos, hemos asumido las complejas lecturas de los muros del proyecto, en los que desde estructuras iberas,



sobre las que se asientan los muros romanos en los que a su vez se levantarían los medievales, se ha configurado una estructura de interesante pero no menos compleja lectura.

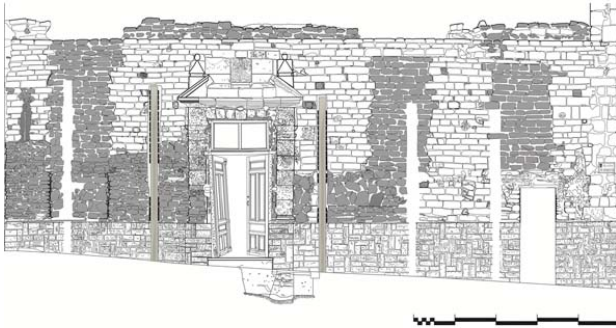


Fig 5. Alzado cara externa muro de fachada. 2009. ARQVIPO.

306

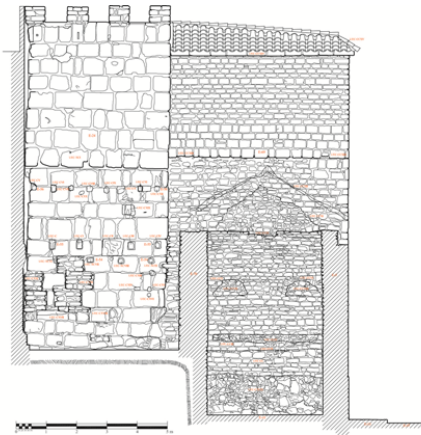


Fig 6. Alzado torre del Castillo. 2009. ARQVIPO.

- El proyecto de arquitectura como resultado:

Teniendo claras las premisas que la construcción original establecía, la redacción del proyecto la planteamos una vez resueltas todas las incógnitas referidas al conjunto del edificio no solamente como objeto, sino también dentro de la trama urbana, como propio elemento de arqueología de la ciudad, tal como Rossi lo describiera en el intento de establecer una arqueología urbana (Rossi, 1982). Así, quedó contextualizado y caracterizado todo el conjunto de elementos, ya no como piezas inconexas entre sí, sino como parte de un *unicum* en el discurso del nuevo proyecto.

Una vez clarificados los elementos a restituir, los elementos a eliminar y los elementos a conservar, el proyecto contemporáneo aporta el ejercicio del artesano (Sennet, 2009), el de observar y analizar todo lo que tiene para intervenir de forma personalizada y casi quirúrgica. El proyecto de arquitectura será el encargado de dar lectura unitaria a todo el conjunto y de mostrar los restos intervenidos, no como objetos aislados y puntuales, sino como piezas integrantes de un conjunto mucho más amplio, del cual son esenciales para su comprensión. La formación multidisciplinar del equipo, compuesto por arqueólogos, historiadores y arquitectos, ha posibilitado en todo momento poder establecer la idoneidad de las soluciones constructivas y lenguajes

arquitectónicos casi como si de un 'plano de monte' se tratara. La complejidad que encierra en sí misma la intervención en el patrimonio, se multiplica cuando éste llega de forma desmembrada y contaminada por intervenciones desafortunadas. Aquí, el ejercicio de la arquitectura contemporánea ha de buscar la limpieza de los espacios que permita lecturas únicas y de conjunto, evitando la confusión propia de la arquitectura postmoderna (Frampton, 2009).

En el intento de conseguir esa limpieza cronológica y arquitectónica, el proyecto ha eliminado todos los elementos añadidos recientemente, volviendo a abrir los huecos propios del edificio, ubicando de nuevo la escalinata de entrada en la puerta y dando la altura original. Hemos buscado un sistema estructural paralelo al existente que evite cargarlo nuevamente. Para ello se ha ubicado una cercha de gran luz que apoya en pilares auxiliares (Fig. 7). Ésta, a su vez, sirve de descanso de la nueva cubierta y nos permite colgar de ella todo el nuevo reecido de las piezas de muro.



Fig 7. Muro de fachada en el proceso de restauración y restitución de piezas. 2011. ARQVIPO.

Tal como venimos describiendo, la arquitectura heredada en el patrimonio es el documento no escrito que aporta en sí mismo toda la información que el documento escrito no tiene. Es por este motivo que el proyecto de arquitectura contemporánea ha de consignar en ese documento 'no escrito' un nuevo renglón sobre la contemporaneidad, sin borrar las líneas anteriores, ni pasar desapercibidamente por la historia. Así, con lenguaje contemporáneo, materiales contemporáneos y criterios contemporáneos se interviene en el patrimonio, sabiendo que cualquier intento de mimesis con lo anterior será un elemento de confusión ilógica para el presente pero, evidentemente, también para el futuro.

El enfoque de nuestro planteamiento en la intervención patrimonial ha sido el de atenernos a las evidencias materiales y gráficas provistas del análisis y la obtención de datos *in situ*, cuidando en todo momento el no dejarnos llevar por ideas preconcebidas ni suposiciones vacías de contenido científico. Prueba de ello ha sido que el dibujo, como herramienta de síntesis en todo el proceso, ha acercado en sí el conocimiento de la técnica arqueológica junto con el aporte de la intervención arquitectónica.

El proyecto de arquitectura sigue formando parte del conjunto de la fase analítica como proceso de investigación de materiales y detalles dentro del conjunto. Podríamos decir que la metodología descrita es una fase analítica en su totalidad, dado que la síntesis se va produciendo alternativamente tras cada una de las decisiones tomadas. Así, la arquitectura entra aquí como una disciplina más dentro del conjunto de saberes, estando en el antes, durante y después de la fase puramente arquitectónica. En este sentido, creemos conveniente recordar que, igualmente, la arqueología no se anula cuando termina la fase de estudio específico de la disciplina, sino que en todo momento ha de estar debatiendo, analizando y buscando soluciones paralelamente a la arquitectura.

Es muy interesante observar y comparar gráficamente los dibujos realizados en el proceso, ya que desde la fase más original, hasta el dibujo de estado fin de obra ha sido esta herramienta la que ha recogido todos los saberes. Como decíamos, llevar la herramienta gráfica a su concepción más prístina tiene de positivo, entre otras cosas, la eliminación de cualquier discurso o argumento sobre ella. Casi a modo de radiografía secuencial de la realidad, aporta a la investigación las alteraciones y modificaciones recogidas en el elemento patrimonial. El proyecto de arquitectura de la rehabilitación de las Carnicerías Reales de Porcuna ha ido buscando en todo momento el equilibrio ecuánime propio de la lógica interpretativa, siendo consciente de los requerimientos técnicos que los nuevos códigos de la edificación y las demandas dotacionales que exigía el programa de un archivo municipal ubicado en él. Así, las lecturas unitarias de todo el conjunto, la limpieza exhaustiva de todos los elementos materiales susceptibles de confusión o los argumentos historicistas propios de discursos decimonónicos han sido eliminadas desde el comienzo para, única y exclusivamente, dejar paso a la lógica



científica de lo analizable, representado todo ello en la sucesión de dibujos y su correspondencia con la historia de la ciudad de Porcuna.



Fig 8. Proyecto de restauración terminado. 2012. ARQVIPO.

CONCLUSIONES

El proceso de intervención en el proyecto presentado nos ha ayudado a mostrar la herramienta gráfica aplicada a la intervención en el patrimonio. De este proceso se extraen una serie de conclusiones o evidencias que describen en sí mismas una metodología clara de cómo aplicar las nuevas tecnologías gráficas:

- Dibujo como herramienta objetiva: la aplicación directa de la herramienta gráfica, apoyada en técnicas subsidiarias como la fotogrametría o la restitución. Ésta ha de ser el punto de encuentro de todas las disciplinas y conocimientos para poder desde ahí establecer las estrategias de intervención. Un proceso de investigación claro generará materiales claros y resultados claros.
- La recreación como riesgo de tematización: Dada la facilidad de medios y la profusión de lenguajes, la contención gráfica será un elemento fundamental en la investigación aplicada a la rehabilitación patrimonial. La justificación objetiva y científica de cualquier decisión gráfica será el soporte técnico que permita intervenciones claras y directas.
- El debate pluridisciplinar que requiere el patrimonio ha de buscar en todo momento, no el consenso, sino la justificación científica de cualquier decisión. Así, el dibujo sucesivo y sistemático de levantamientos paramentales, de lecturas murarias o de secciones estratigráficas, permitirán, desde análisis gráficos, entender el patrimonio de conjunto, como un todo unitario.
- La arquitectura contemporánea en la intervención patrimonial, será el conglomerante que nos permita una lectura global y nítida de la intervención, clarificando y subrayando las épocas anteriores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arce, I., (1999). *El análisis estratigráfico y la intervención sobre edificios históricos: el caso del Palacio Omeya de Amman* en Metodología de la restauración y la rehabilitación. Nº 2. Munilla Leira, Madrid.

Arévalo, F., (2003). *La representación de la ciudad en el Renacimiento*, Fundación Caja de Arquitectos. Barcelona.

Blachut, T., Burkhardt, R. (1998). *Historical development of photogrammetric methods and instruments*. ISPRS, Falls Church.

Brogio, G.P. (1995). *Arqueología Estratigráfica y Restauración*. Informes de la construcción, vol 46 nº 435 (31-36). Instituto Eduardo Torroja. Madrid.

Caballero, L., (1995). *Método para el análisis estratigráfico de construcciones históricas o "lectura de paramentos*, Informes de la Construcción, 453: 37-46, Madrid: CSIC.

Caballero, L., (1996). *Arqueología de la Arquitectura. El método arqueológico aplicado al proceso de estudio y de intervención de estudios históricos*. Junta de Castilla y León. Salamanca.

Frampton, K., (2009). *Historia crítica de la arquitectura moderna*. Gustavo Gili. Barcelona.

Giuffrè, A., (1991). *Lecture sulla Meccanica delle Murature*. Edizioni Kappa.

Harris, E.C., (1991). *Principios de estratigrafía arqueológica*. Crítica. Barcelona.

Morales, P., (1992) *Técnicas de dibujo tridimensionales aplicadas en Arqueología*. En V Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1991 (editado por J.P. Laporte, H. Escobedo y S. Brady), pp.338-342. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

Pacero, C., Méndez, F., Blanco, R., (1999). *El registro de la información en Intervenciones Arqueológicas*, CAPA (Criterios e Convencions en Arqueoloxía da Paisaxe), n.º 9, Santiago de Compostela.

Rossi, A., (1982). *La arquitectura de la ciudad*. Gustavo Gili. Barcelona.

Sennet, R., (2009). *El Artesano*. Anagrama. Barcelona.

Tabales, M. A., (2002), *Sistema de Análisis Arqueológico de Edificios Históricos*. Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción, Universidad de Sevilla. Sevilla.



ADECUACIONES GEOMETRICAS ORGANICAS APLICADAS AL DISEÑO DE CUBIERTAS RETRACTILES.

Dr. Carlos César Morales Guzmán.

Universidad Veracruzana
Facultad de Arquitectura, Región Poza rica-Tuxpan.

Resumen

El presente documento expone la aplicación de los conceptos tecnológicos estructurales en la arquitectura, lo cual se orienta hacia la perspectiva analítica de cómo se debería concebir el espacio arquitectónico. La tecnología industrial tiene un papel muy importante en el tema de esta investigación, ya que su base de diseño es la estandarización. Así, generando una serie de conceptos de estructuras flexibles en los espacios arquitectónicos.

El origen conceptual del proyecto se produce a partir de la reflexión análoga de la figura orgánica. Por ende, se hace mención de experimentos aproximados para un mayor entendimiento de la forma orgánica. Lo anterior para construir una metodología de diseño, la cual tenga como utilidad la generación espacios más flexibles en conjunto con la estructura. En general, desarrollar el sistema estructural desde un punto de vista más integral, desde el espacio, como un ente viviente. Considerando que en su entorno se forjan una variación de figuras que llevan a reproducir una serie de modelos, los cuales son la base metodológica de la investigación.

Mapa Conceptual

Las premisas y cotas del proyecto, están representados principalmente por: La morfológica-conceptual, la adecuación de la geometría estructural y la tecnológica-estructural.

El factor Morfológico-Conceptual; estará sujeto a la adaptación contextual del modelo, pero sus conceptos primarios son los que le darán la forma final a la propuesta. En primer lugar la forma del modelo está compuesta por un sistema de redes y ritmos espaciales: la red espacial ayuda a componer la retícula estructural del modelo, (figura 1), dando como resultado la modulación y estandarización de sus piezas. En cuanto a su envolvente, se someterá a ritmos espaciales: la composición rítmica se dará por medio de accesorios, los cuales ayudarán a proporcionar confort en el modelo, creando así el concepto de mutación celular.

La adecuación de la geometría al espacio; la analogía es la mayor herramienta para generar la producción de modelos biónicos y biofórmicos en la geometría. Así, para entender correctamente la función estructural de los sistemas se utilizarán estos mismos medios. Se partirá de conceptos estructurales de los sistemas flexibles de vanguardia, (figura 2), lo cual permite entender esta adaptación de figuras orgánicas con los sistemas estructurales actuales.

La Tecnología-Estructural del proyecto; se tomaran los conceptos de prefabricación y montaje, los cuales se adaptan a la propuesta. La concepción de un proyecto de forma industrializada lo hace más rápido de construir. Para entender mejor los conceptos, definiremos su significado:

La prefabricación se define como la habilitación de elementos fuera de obra, (figura 3). Lo anterior para reducir el tiempo de construcción, ya que la habilitación simultánea de la construcción y sus piezas industrializadas optimizan el tiempo de ensamble.

El montaje se controla por adosamiento y plegados, así la estructura utilizada le proporcionará versatilidad en su acoplamiento.



Fig 1, 2, 3. La forma conceptual va de la mano con la tecnología, así que dependerá de la morfología grafica conceptual adecuar dicha tipología. 2009. Morales

Planteamiento del Problema.

Para entender la generación de las adecuaciones geométricas estructurales en el espacio, se exponen las morfologías conceptuales de la naturaleza: se desarrollaran diferentes tipos de experimentos en donde se utiliza la metodología de diseño análoga en referencia a las estructuras de la naturaleza, (figura 4). Por ende, permitirá entender la producción de espacios y estructuras biónicas: se trasladó la figura biónica y orgánica para producir modelos iconográficos que sirven de guía en la producción de tecnología estructural flexible. Por ello, se verá la mecanización de las estructuras plegables, la cual ayudara a comprender cómo se puede adaptar estructuras fragmentadas en la naturaleza.

El concepto de plegabilidad en la estructura también permite generar formas orgánicas en su piel, originando la integración de la forma en su contexto: la piel es la parte de un ser viviente que ayuda a ajustar su adaptación al clima de su entorno. Así, en referencia a la conformación del clima se despliega el desarrollo de la piel de un ser viviente, (figura 5). En cuanto a la estructura biónica orgánica se tomará en cuenta la traslación y los conceptos desarrollados anteriormente.

El primer paso consiste en observar la naturaleza y así descubrir trazas celulares reticulares cuyo patrón de crecimiento orgánico es a base de la geometría orgánica segmentada, para crear un cuerpo complejo y de varias figuras itinerantes, adaptando este concepto de crecimiento progresivo fractal a los sistemas estructurales, encontramos que el desarrollo de las velarías se basa en un mismo principio de iteración, ya que su geometría se constituye con dobles curvaturas, (figura 6), la cual se desarrolla empezando con un curva y se multiplica hasta generar las membranas parabólicas y éstas se segmentan en varias formas diferentes generando diversos tipos de modelos. Estas se estabilizan cuando se traccionan en sus extremos ayudados por medio de postes que tensan la membrana para formar las dos curvas perfectas, (figura 7), ya se ha comprobado anteriormente en la historia que el uso de esta geometría parabólica también se puede utilizar en otros tipos de sistemas estructurales, en donde la subdivisión de la curva parabólica generó la forma del modelo estructural del edificio, Candela hizo uso de ella en repetidas ocasiones y segmentaba la parábola hasta crear un espacio con mucho movimiento.

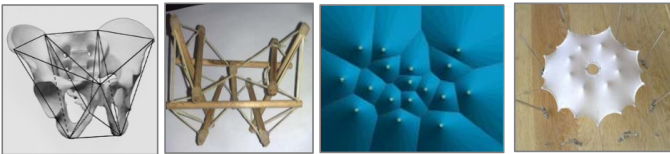


Fig 4, 5, 6, 7. El sistema tensegrity y las tenso estructuras son un sistema que se puede adaptar a muchas formas geométricas ya que su propiedad más importante es el mínimo de requerimiento de material para formar una estructura. 2009. Morales.

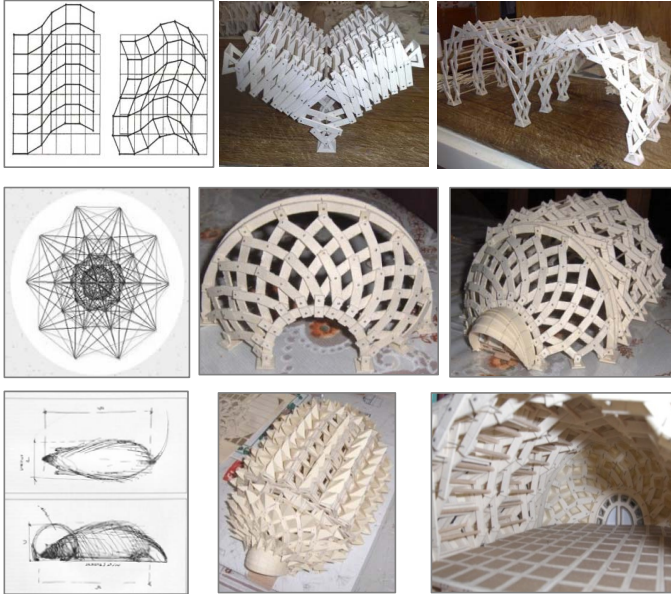
Filosofía del Proyecto.

En la búsqueda de nuevas tecnologías, el uso de la biónica orgánica facilita las nuevas formaciones de espacios en la arquitectura, la morfología-conceptual, la adecuación geométrica y el desarrollo de tecnología-estructural. Éstos son los parámetros en los que se basara la metodología de esta investigación, es la misma que se ha venido haciendo durante todo el estudio: generar geometrías estructurales flexibles en base a la biónica con el estudio análogo y la observación de la figura estructural de organismos. En este caso la geometría fractal compleja ayudará a concebir varias formas más aproximadas a las que genera la naturaleza, ya que su formación de diseño se elaborará por iteraciones que nos producen múltiples geometrías, (figura 8 al 10). Sin embargo, en este tema sólo se utiliza para generar principios de diseño y para entender un poco lo que se hará en la siguiente metodología. Se presentara de manera descriptiva el desarrollo de los modelos a escala, donde se encontraran las pautas necesarias para el desarrollo de dicho sistema estructural flexible.

Para comprender como se verá la aplicación aproximada de dicha metodológica de la experimentación, se realizará en primer lugar una geometría celular fractal. El concepto que se toma es la modulación y la adaptación de la estructura en el espacio. Observando esta retícula modular se puede implementar una geometría que sea posible reproducir varias veces e integrar su estructura geométrica en el espacio. Para generar esta retícula se toma como base a los principios fractales: la segmentación de una figura varias veces, en este caso se construyó una malla reticular plegable con una figura en forma de "X", (figuras 11 al 13). Dicha figura sustenta el principio de la geometría plegable que se realizara en la etapa de la experimentación de esta investigación.



Continuando con este ejemplo de la otra figura orgánica, se analiza la geometría de una cúpula. Con ella se observa una figura en "X" ligeramente desviada con ángulos más cerrados en su punta inferior y ángulos más abiertos en su parte exterior, (figura 14 al 16). Así, la unión de estas piezas geométricas crea una cúpula geodésica circular rebajada y plegable en ambos sentidos. Su forma geométrica se puede repetir varias veces y generar un organismo espacial más grande. Lo anterior se realiza con materiales que puedan sustentar un principio de la forma como sistema de fabricación, teniendo en cuenta que se tomaran para desarrollar la estructura posteriormente.



312

Fig 8 al 16. La figura principal de la estructura plegable, son los arcos principales que sostiene la edificación, La geodésica está hecha a base de formas de "X", que se unen en forma radial y es un extremo son más cerrados los ángulos. La piel que se desarrolla protege de la incidencia solar y de captar los vientos dominantes en su parte abierta. 2009. Morales.

Conclusión.

En conclusión, se elaborará la geometría anterior del ejercicio: se desarrollaron sus vértices en un software especializado (autocad¹). Éste modelo tridimensional, llevó a la adecuación geométrica de la investigación, desarrollado por los aspectos geométricos fractales, que domina la concepción de este proyecto, (figuras 17 al 22). Su principal característica es la función plegable de la estructura, la cual está hecha de láminas en forma de X, éstas se pliegan en un sentido y cuando se abren forman un arco grande.

Además se diseña de forma que al recibir la presión, absorba la fuerza del ambiente y a la vez amortiguar las diferentes coacciones que influyen en su contexto. Primero se esquematizó la figura biónica en un dibujo donde se analizó su forma y la geometría. Ésta desarrolla su esqueleto, y su geometría nace de un punto central de circunferencia el cual le da la forma cilíndrica a la armadura plegable. Así, la estructura puede interactuar en varias repeticiones puesto que la malla plegable está constituido en tres arcos principales unidos por vigas que hacen que tenga mayor envergadura y estabilidad. Finalmente, los marcos pueden unirse repetitivamente en ambos sentidos.

La constitución del experimento es la figura biónica: su cuerpo de forma cónica y sus delimitaciones representativas de una cúpula geodésica, generan la forma de la propuesta biónica plegable.

Todo esto deja una propuesta geométrica formal, la cual se analiza con estructuralmente. Asimismo, sirven para entender la adecuación del origen de la propuesta, extrapolando sus principios, técnicos y morfológicos. Así, realizar una propuesta más variable donde su peso relativo es la flexibilidad de la estructura, mutando como una célula hasta adaptarse a su entorno.

¹ Software de diseño asistido por computadora, <http://mexico.autodesk.com/adsk/servlet/pc>.

Por último, la estructura puede tener otras múltiples funciones, que los espacios se puedan manipular muy fácilmente. Es decir, aplicar a diferentes funciones, hasta crear un mega estructura que pueda albergar varios espacios, por lo tanto cumplir con la meta especificada al principio, generar una estructura adaptable a diferentes tipos de uso.

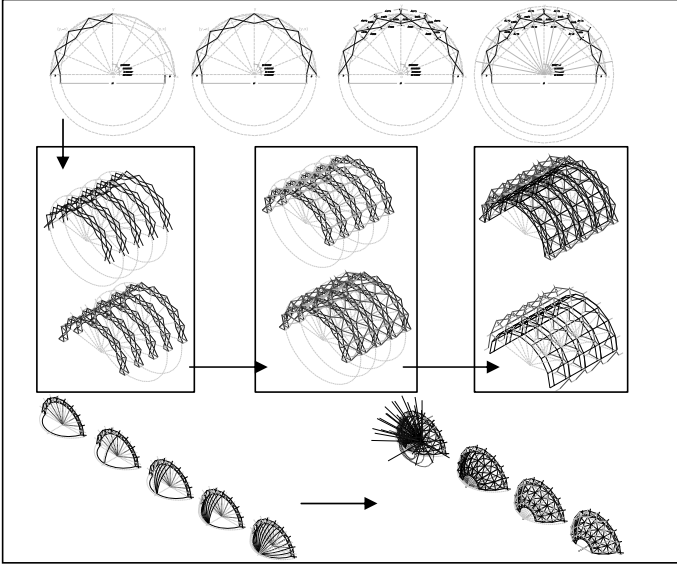


Fig 17 al 22. El desarrollo de una adecuación orgánica a la geometría, es generado por formas y miembros modulares para su estandarización e iteración. 2009. Morales.

Referencias bibliográficas

Banham Reyner, *Mega Estructuras: futuro urbano del pasado reciente*, Editorial Gustavo Gili, 2001, Barcelona.

Doczi, György, *El Poder de los límites*, Editorial Gustavo Gili, 2002, México.

Morales Guzmán Carlos César, *Diseño de Sistemas Estructurales Flexibles en el Espacio Arquitectónico*, Universidad Nacional Autónoma de México, 2009, México.

Moore Fuller, *Compresión de las Estructuras en la arquitectura*, Editorial Interamericana McGraw-Hill, 2000, Traducción en México.

Segui W., *Diseño de Estructuras de Acero con LRFD*, Editorial Thomson, 2000, México.



UNA APROXIMACIÓN A NUEVOS MODELOS DE CATALOGACIÓN DE PLANOS Y DIBUJOS. PROCESO Y SISTEMÁTICA EMPLREADA EN LA CATEDRAL DE SEVILLA.

Juan José MOYANO CAMPOS
David MARÍN GARCÍA
Fernando RICO DELGADO
Pedro BARRERO ORTEGA
María Dolores RINCÓN MILLÁN

Universidad de Sevilla
Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería en la Edificación.

Abstract text

This paper presents the analysis of the results of research work carried out for several years regarding possible ways and models for the procedure in cataloging graphic documents. We start with a thorough preliminary analysis on the existing rules, to which we understand it is subjected the cataloging of graphic documents, drawings and maps; and we suggest some ways to improve them.

The management of documentary sources involves establishing mechanisms for the collection of parameters that are explicitly concerned with the cataloging rules. In the absence, in many cases, of standardized cataloging models of maps, drawings and plans, we propose a protocol based on the current rules, suitably modified basing on the experience of comprehensive cataloging work on a series of drawings and plans of Seville Cathedral, dating from the sixteenth to the twentieth centuries.

Introducción

Gran parte de los investigadores que inician sus estudios doctorales, requieren de procedimientos que simplifiquen su metodología de análisis. En el área de la Expresión Gráfica Arquitectónica esta demanda se hace más acusada cuando nos enfrentamos a un estudio de documentos relacionados con material cartográfico, manuscritos no librario, dibujos, mapas y planos, que por sus características requieren de unas técnicas documentales un tanto peculiares.

La catalogación está siendo actualmente objeto de estudio en la gestión y organización del conocimiento. Hoy día cada vez se valora en mayor medida la ciencia y la tecnología como motores de desarrollo de esta sociedad, pudiendo deducirse que la catalogación es un buen agente en el proceso de hacer ciencia y tecnología.

El origen de la creación de una descripción bibliográfica se remontan a la Europa del siglo XVI, a partir de la difusión de la impresión de libros y la generación de ciertos valores culturales, religiosos y científicos de la época. Para autores como Graciela Spedalieri (2006), la edición de 1620 del catálogo de la Biblioteca Bodleiana de Oxford es considerado el primer catálogo general de una biblioteca que funciona principalmente como una lista de localización. Esta lista respondía a las características de un catálogo basado en un conjunto de inventarios de las distintas secciones de la colección de teología, medicina, derecho y arte, en el que cada sección se subdividía luego según el tamaño, y cada grupo por tamaño se ordenaba a su vez por autor, reflejando el orden en los estantes. Pero en la historia de la catalogación, se estima como primeras reglas de carácter internacional las redactadas por Jean-Baptiste Massieu en 1790 para catalogar los fondos impresos y manuscritos de las bibliotecas que, al ser incautadas con motivo de la Revolución Francesa, se habían convertido en bienes nacionales. Según García Ejarse (1994, p. 86) se conserva una referencia de la obra de Massieu denominada *Instruction pour proceder á la confection du catalogue de chacune des bibliothéques sur lesquelles les directoires ont dú u doivnet incessamment apposer les scelles en la Biblioteca de L' Arsenal*. Poco después, en España se documenta que el entonces Bibliotecario 5º de la Real Biblioteca Pedro García García, natural de Burgos elabora entre los años 1808 y 1815 un catálogo de Reglas que se han de observar para hacer las cédulas para un índice general. Todo apunta a que la elaboración de estas reglas catalográficas fueron elaboradas ya con un conocimiento de las redactadas por Massieu a finales del siglo XVIII. Se trataba de unas fichas sueltas ordenadas alfabéticamente anexas a los manuscritos con una estructura muy sencilla, donde se iban anotando las diferentes firmas. El siguiente referente que tenemos constituye la codificación más técnica y completa hasta entonces conocida. El italiano Antonio Panizzi publica en el año 1841 la obra titulada *Rules for the compiling of the catalogue*. Entre las aportaciones más importantes de la obra de Panizzi destacan aspectos técnicos relativos a la redacción de los asientos bibliográficos bajo los autores personales y corporativos, ya fueran primeras versiones o traducciones (López Guillamón, junio 2004).

A partir de la obra de Charles A. Cutter *Rules for printed dictionary catalog* publicada en el año 1876, obra que marca la madurez de la práctica de la catalogación hasta la Conferencia Internacional de París en

el año 1961, se considera que este código fue el de mayor influencia sobre el resto de las reglamentaciones conocidas. Cutter establece de forma categórica la catalogación por las tres entradas tradicionales- autor, título y materias- y refuerza el poder informativo del catálogo clásico como instrumento unitario de acceso de los libros.

En el siglo XIX la elaboración de los códigos de catalogación había recaído en determinados individuos y no en grupos de profesionales. Con la aparición del nuevo siglo XX, las asociaciones profesionales en el ámbito nacional e internacional estarán compuestas por grupos de expertos. En 1926 se crea la Internacional Federación of Library Associations (IFLA) que será uno de los principales organismos impulsores del progreso científico y técnico de las bibliotecas y de la Biblioteconomía en todos los países (López Guillamón 2004). En España se publica en 1902 el primer gran código español de catalogación *las instrucciones para la redacción de los catálogos en las bibliotecas públicas del estado*, reeditadas en el año 1926. Hasta este momento la mayoría de las reglas que estaban publicadas, sean a nivel nacional o internacional, estaban referidas a catálogos generales de bibliografía y catalogación de libros, pero en el año 1910 surgen las reglas a aplicar a los materiales especiales: *Instrucciones para la catalogación de manuscritos, estampas, dibujos originales, fotografías y piezas de música de las bibliotecas públicas*. Es el primer intento de sistematizar los registros organizados que se describen de forma individual en una obra gráfica. Posteriormente en los años sesenta se comienza a experimentar en la Library of Congress con la redacción de los asientos bibliográficos sobre un formato que permitiese su interpretación por sistemas automatizados, lo que se conoce como formato MARC. Pero sin lugar a dudas el gran paso para unificar las normas de catalogación se produjo en el año 1985 con la descripción normalizada internacional de libros ISBD (International Standard Bibliographic Description). Con estas reglas de catalogación editadas en dos volúmenes, el primero dedicado a monografías y publicaciones seriadas, y el segundo que recoge la parte esencial de nuestro trabajo; materiales especiales (mapas, dibujos, grabados y vídeos) se cierra el ciclo de normas que constituyen los estudios de este trabajo.

Contenido

Las reglas de catalogación españolas vigentes se basan en las ISBD (International Standard Bibliographic Description) y las normas internacionales de descripción bibliográfica que desarrolla la IFLA (International Federation of Library Associations and Institutions). Las primeras están estructuradas en 17 capítulos, nueve apéndices y un índice analítico. De todos los capítulos el más interesante para tratar el material catalográfico de documentación de obra gráfica es el capítulo cuarto dedicado a materiales cartográficos y el quinto destinado a materiales gráficos. Se consideran materiales gráficos las obras gráficas originales como dibujos, grabados (o estampas) y fotografías y las reproducciones fotomecánicas. Para catalogar este tipo de obras se necesitan unos conocimientos previos sobre los materiales, conocimiento de la historia del papel, dibujos, grabados y la evolución de las técnicas de representación, etc. También resultan necesarios conocimientos de historia del arte, para poder distinguir los movimientos artísticos, diferentes estilos y escuelas y poder asignar una obra a una época, así como conocer las distintas técnicas y saber interpretar los datos que figuran en los dibujos o estampas. Necesitamos dominar los soportes y los materiales que se han utilizado en la época de la reproducción. De la misma manera hay profundizar en los conocimientos históricos de la obra que está en proceso de catalogación. Sus inferencias de las fuentes históricas y sus referencias básicas sobre lo que se haya escrito de la obra y los mejores diccionarios de artistas para tener el mayor conocimiento posible de los autores.

El dibujo es considerado en este ámbito de la catalogación como la obra gráfica más valiosa, por ser única, donde el artista plasma sus ideas y conceptos de una manera creativa obteniendo fines muy diversos que no comparten otras artes como la pintura o la escultura. Según afirma la investigadora Concha Huidobro (2005) la definición del término dibujo es compleja y respondería a diferentes tipos de dibujos según los materiales e instrumentos que se utilicen para realizarlos: dibujo al carbón, dibujo a lápiz, etc. O según la forma en que se hagan: a mano alzada, del natural etc. La autora hace una doble clasificación según el instrumento y los materiales utilizados y según su forma o tratamiento (cf. Huidobro 2005, p. 144). Más que la propia clasificación del dibujo, lo que nos interesa valorar en su obra son los criterios de catalogación que sobre ellos establece. Para catalogar los dibujos tenemos que tener en cuenta en primer lugar, y al contrario de los libros impresos y las estampas, que los dibujos son piezas únicas y por tanto, la información la tenemos que extraer del propio dibujo y de los conocimientos que hayan aportado otros investigadores. El problema que entraña en muchas ocasiones la autoría de los dibujos, sobre todo antes del siglo diecinueve, donde la mayoría de ellos no tenían ese sentido de la autoría de la traza, dificulta especialmente la labor del proceso catalográfico. A falta de esta seguridad autógrafa de los diferentes documentos que pueden acompañar el dibujo, al menos habrá que encuadrarlo en una época o escuela. Una vez que se define la época aproximada del dibujo, sea por los estudios históricos que se hagan del papel, la filigrana o el contexto de donde surjan los documentos, es el momento de compararlos con otros artistas. La forma del delineado o la acotación puede ser un instrumento para contractar las posibles coincidencias. Un ejemplo manifiesto de la problemática que presenta la autoría de la obra, es el plano de 1526 de la planta de la catedral de Segovia (figura nº 1). Una traza en pergamino realizada en punta de plata, pluma y tinta sepia, atribuida a Juan Gil de Hontañón en la obra de Ruiz Hernando (2003). Un dibujo que no ofrece cotas a diferencia del que se atribuye a Rodrigo su hijo. La disputa de autoría entre otras consideraciones en



otro, la establece el autor porque Juan Gil de Hontañón no sabía escribir, era analfabeto, lo que supone la dificultad de que acotase la planta. Estas y otras determinaciones son pistas claves para encontrar sólidas bases sobre la seguridad en una posible atribución.

Son bastantes escasos los estudios que se han realizado en este ámbito de la catalogación de dibujos y planos, tan solo hemos contabilizado seis, la mayoría de ellos dedicados a parciales de colecciones encontrados en archivos y bibliotecas. Conocemos algunos casos de archivos catedralicios que recientemente han restaurados documentos de sus fondos con motivo de algunas exposiciones. En buena medida, esto se debe a ese usual interés que tienen las instituciones por exhibir su magnífica obra de dibujos y planos de arquitectura. Es el caso de Valencia y Segovia, que recogen unas sensacionales trazas de la talla de arquitectos ilustres como fue Rodrigo Gil de Hontañón de la época del renacimiento español. El primer autor que se atreve a realizar una sistematización y organización de los fondos gráficos es el profesor Falcón Márquez, en una colección inédita de ciento cincuenta planos de la catedral de Sevilla, que con ayuda de las colaboradoras Domínguez y Pinilla realizan un estudio a noventa planos de una colección que recientemente se había descubierto en unos antiguos archivadores de la catedral de Sevilla. La muestra tuvo como resultado una exposición organizada por el Monte de Piedad y Cajas de Ahorro de Sevilla en mayo de 1982. Esta publicación, pionera en su clase, presta atención a dos aspectos interesantes desde una perspectiva del análisis gráfico, el estudio de la marca al agua o filigrana, que en determinados casos es una fuente de conocimiento para la datación del plano y sobre el proceso de restauración llevada a cabo.



Fig 1. Planta de la catedral de Segovia. Ruiz Hernando, 2003

Cuatro años más tarde aparece publicado la obra de Luna y Serrano sobre los dibujos de la catedral de Sevilla. Se trata de un trabajo bien estructurado con fichas catalográficas donde el estudio de los fondos están constituidos por títulos de propiedad de bienes patrimoniales o por bienes que han sido donados al Cabildo y privilegios reales que confirman al Cabildo en el uso y disfrute de su propiedad. Fuera del área de Andalucía tenemos que reseñar los estudios realizados por María Concepción Álvarez Terán en el año 1980 que es sin lugar a dudas un referente en los estudios catalográficos de mapas y planos. Su obra cargada de contenido lleva por título Catálogo de Planos, Mapas y Dibujos del Archivo de Simancas. Otro de los estudios que podemos citar más interesante en el área de la catalogación de planos y dibujos es la obra de Juan José Gavara Prior, un trabajo publicado en 1996 que recoge los planos, trazas y dibujos del archivo de la catedral de Valencia editado por el Consorci de Museus de la Comunitat Valenciana. Casi veinte años después de la publicación de Álvarez Terán, el profesor Tain Guzmán publica una obra que supone en sí misma un documento inestimable de las publicadas en su género – trazas, planos y proyectos del Archivo de la Catedral de Santiago de 1999. En el siglo XXI el estudio de José Antonio Ruiz Hernando sobre la catedral de Segovia representa uno de los catálogos más bellos de documentos gráficos, por su valor en sí mismo y por la magnífica reproducción de sus trazas.

El proceso de catalogación de una colección de trazas es en general una tarea ardua que requiere de un riguroso trabajo continuo, ordenado y con empleo de una sistemática muy laboriosa. Catalogar dibujos es describir cualquier tipo de documento gráfico en sus partes esenciales de acuerdo a unas reglas. En sí es una técnica de análisis documental gracias a la cual se pueden identificar y recuperar los documentos. Supone recoger información bibliográfica, de acuerdo a unas normas; dar información sobre un ejemplar físico del documento existente en un archivo en relación a un fondo; y ofrecer información referida a los encabezamientos principales y secundarios de autores, títulos y clasificaciones. Los dibujos se pueden catalogar según diferentes métodos. El criterio seguido para los planos y dibujos arquitectónicos de la Catedral de Sevilla, están basados explícitamente en la "Reglas de Catalogación", publicadas por el Ministerio de Educación y Cultura, en el Boletín Oficial del Estado de 1999. En ella se establece la normalización catalográfica para tratamientos de información manual poniendo a disposición de los usuarios, una herramienta para la adecuada gestión de procesos técnicos bibliográficos. Estas reglas están estructuradas en área y subáreas precedidas de unos signos determinados que indican el tipo de datos que proporcionan. El resto de la información se da en texto libre en el área de notas, que se ordenan según el área al que hagan referencia. Estas reglas están basadas en las normas ISBD comentadas en una ocasión precedente. Para la automatización de los datos el Ministerio de Cultura publicó en el año 2002 el formato IBERMAC, que es una variante del formato MARC, que es un formato estándar de carácter internacional, para la descripción bibliográfica. El formato de registros bibliográficos está estructurado en campos que se corresponden con las áreas. El objetivo independientemente de la norma o sistema automático de catalogación que utilizemos, es la recuperación del conjunto de registros ordenados según criterios lógicos.

Concha Huidobros establece que además de las normas de catalogación para describir los dibujos, es necesario atender a una serie de instrumentos bibliográficos como son: repertorio de filigranas para la identificación del papel (Briquet, etc.) diccionarios de iniciales y monogramas (Nagler, Brulliot, etc.) repertorios de artistas (Benezit, Thieme-Becquer, etc.) repertorios de grabadores (Bartsch, Hollstein, Grabadores españoles, etc.), Monografías sobre la historia del dibujo y sobre artistas y grabadores, y glosarios técnicos (Blas, Krejka, Vives, etc.). Es importante hacer una revisión de catálogos de bibliotecas importantes (British Library, Londres, Bibliothèque Nationales, París). A partir de este análisis, se propone una ficha catalográfica para los dibujos, con una ordenación cronológica y con un contenido en campos que establece los siguientes instrumentos de descripción:

En la catalogación de la planimetría de la Catedral de Sevilla, que es el trabajo que nos ocupa, forma una colección compuesta por más de seiscientos documentos gráficos que abarcan un período cronológico que va desde el siglo XVI al XX. La documentación se distribuye fundamentalmente en dos grupos. El primero constituido por un conjunto de obras que abarca los tres primeros siglos, la mayoría de ellos destinados a la representación en planta como conocimiento, método de ajuste y corrección de esquema. Otros son propuestas de diseños arquitectónicos y algún otro aparece con motivo del pleito entre canónicos y racioneros, adquiriendo el documento prueba judicial. El segundo grupo es más homogéneo en cuanto representa la sucesión de episodios de las distintas fases de restauración de la catedral de Sevilla (Moyano 2008). El punto de inflexión entre ambos grupos se generaría entorno a 1881 cuando el Ministerio de Fomento abre Expediente a través de la Dirección General de Obras Públicas –Construcciones Civiles- referidos a las obras de restauración de la catedral (cf. González-Vara 1995). El proceso de recopilación de documentos tomó como base las fuentes bibliográficas publicadas hasta este momento. La mayoría de la documentación de la planimetría de la catedral metropolitana se encontró en el Archivo de la Catedral de Sevilla, pero también podemos encontrar abundante documentación en bibliotecas, archivos generales, museos como el arqueológico y etnólogo de Córdoba, archivos particulares, bibliotecas de arquitectura y las Academias de Bellas Artes. En la aproximación a estos métodos de catalogación hay que ser consciente que un buen catálogo gráfico debe disponer de una magnífica colección de fotografías que permita al investigador apreciar la obra en su totalidad.

El material analizado durante más de cuatro años de investigación queda recogido bajo una metodología sistemática y ordenada que a partir de la ficha catalográfica que se adjunta con una ordenación cronológica y con un contenido en campos, establece los siguientes instrumentos de descripción:

Plano nº: Hace referencia al número de plano con una ordenación cronológica de la catalogación presentada. Se enumera del uno al quinientos noventa, estableciendo el número de planos, dibujos y bocetos inéditos o publicados, sean originales o copias de otros ya mostrados.

Signatura: Se compone de cifras separadas por puntos que corresponde a la abreviatura del fondo histórico donde se conserva el dibujo referido. A continuación, le sigue la sección, legajo o número de plano que tiene asignado en la institución donde se encuentra el documento. Cuando aparecen las siglas de Leg. (Legajo) el dibujo se encuentra inserto junto a un documento o forma parte de él.

Título: Corresponde a la transcripción literal del documento entre comillas. Caso de no existir título y éste sea marcado por el autor de la investigación, el título figurará entre paréntesis (título).

Lugar y Fecha: El campo de primer término se refiere al lugar de ejecución del documento, el segundo, a la fecha de referencia directa. En caso que un dibujo sea atribuido fruto de la investigación aparece entre paréntesis (.).

Autor: Especificado cuando sea conocido por referencia directa del documento o proyecto al que se encuentre adscrito. Caso de ser atribuido figurará entre paréntesis (.).

Técnica y soporte: La técnica se refiere a los procedimientos empleados para la elaboración de los dibujos, sean de carácter arquitectónico o figurativo, tal como técnicas de sombreado, tramas, rayado, etcétera. El soporte se refiere al material base sobre el que se dibuja, sea pergamino, papel o cartón.

Medidas: Para establecer el mismo criterio que en las obras pictóricas y las Reglas de Catalogación del Ministerio de Educación y Cultura sobre documentos gráficos, se adopta en primer término la medida vertical, seguida de la medida horizontal, dimensiones que se encuentran expresadas en milímetros. En este caso contrariamente a lo que se establece por regla general en arquitectura, que la medida que figura en primer término es la medición horizontal, tal como queda implícitas y referenciada a los ejes X e Y.

Escala: Se trata de la relación entre espacio-papel registrada en el documento. Caso de ser atribuida fruto de la investigación, ésta será expresada entre paréntesis precediendo la expresión "sin escala". Cuando el dibujo sea un croquis y por ello no admite posible escala, se especifica en el campo. Cuando por las características



del material gráfico sea imposible determinar la escala, el campo quedará vacío. La escala puede aparecer numérica o gráfica. Cuando aparece gráficamente se hace referencia en el apartado de anotaciones.

Anotaciones: Es la transcripción literal de las leyendas o notas que contiene el documento, especificando el lugar espacial que ocupa, y haciendo referencia a la firma del documento. La lectura se ha intentado que esté seguida de un procedimiento que toma como origen el margen izquierdo en la parte superior. De ahí se hace el barrido hasta la zona de la parte inferior derecha.

Acompaña a: Este campo viene referido cuando el dibujo que se cataloga se encuentra adscrito o inserto en un proyecto, o bien forma parte del él, junto a otros proyectos. Cuando los dibujos aparecen sueltos, el campo no figura en la ficha catalográfica.

Comentarios: Se trata de la información referida al documento que establece el autor a partir de la bibliografía consultada, o es fruto de la investigación a través de la fuente primaria aportando datos de carácter específico.

Publicado por: En este apartado figura la fuente bibliográfica donde aparece publicado dicho documento. Caso de ser un dibujo inédito o no reproducido figurará como campo vacío.

Existen otros campos de la ficha catalográfica que hemos decidido omitir, por ejemplo la bibliografía, que puede reseñar las fuentes de información directa o indirecta sobre el documento. En este trabajo la cantidad de fuentes que tratan sobre la catedral es tan extensa que he preferido omitir este concepto por las notas a pie de página. El estado de conservación del documento, puede ser otro dato de información que aparezca en la ficha, y que también hemos omitido por entender que aquellos planos realmente en mal estado no han sido posibles incluirlos en esta investigación ya que el archivo, biblioteca o museo no permite su análisis directo.

En esta propuesta se ha suprimido expresiones relativas a la catalogación como es el caso de la indicación de número de copias de planos, o la abreviatura de color <<col>> (presenta color total o parcial) que muestra el área de descripción física de la Reglas del Ministerio. Entendemos que un plano a color queda suficientemente definido en el campo de la técnica empleada. Del mismo modo se suprime la abreviatura <<ms>> (manuscrito u original), quedando naturalmente expresado en el mismo campo. Por otra parte, es más cómodo y sencillo expresar el formato en milímetro que no en centímetros tal y como establecen dichas reglas. El plegado de los planos es un aspecto importante que reseñar en los fondos gráficos. La mayoría de los planos que se conservan en el Archivo de la Catedral de Sevilla son planos sueltos, en cambio en el Archivo General de la Administración, todos los planos salvo dos o tres se encuentran encuadernados bajo un mismo proyecto arquitectónico. Existen otras funciones propias del área de ordenación y catalogación como la puntuación de los signos tales como: la separación de un área con la siguiente con puntualización (-.). La indicación de la omisión de las partes de un elemento (...), etcétera, que se han tenido en cuenta a la hora del desarrollo de la ficha catalográfica.

El procedimiento de catalogación de los dibujos y planos arquitectónicos de la catedral de Sevilla de los siglos XVI al XX, se ha llevado a cabo cronológicamente. El método ha consistido en tomar las características físicas y de carácter técnico, encaminadas al conocimiento de carácter gráfico de los documentos. De todos los planos que se han consultado, el proceso se iniciaba a través de la consulta del microfilm. A continuación una vez identificado el dibujo o plano, se coteja con los posibles originales que existen, bien adscritos a los proyectos o bien en estado suelto. Posteriormente se lleva a cabo la clasificación y ordenación en base a periodos cronológicos. Para ello se toma como base las distintas intervenciones hechas por los arquitectos restauradores. Se establece un programa donde se van anotando todas las intervenciones registradas en el Archivo General de la Administración que vienen referidas a planos que acompañan a proyectos, y otras a intervenciones puntuales. Aquellos dibujos y planos que no se encuentran relacionados con proyectos, se estudian a través de las fuentes de información, con objeto de analizar aquellas analogías constructivas e identificar su procedencia y medio de actuación. Por último se vuelve a revisar una vez identificado por fechas, una nueva clasificación en función de dibujos preparatorios, originales y copias. En este sentido hemos intentado que la clasificación de los dibujos estén en orden a la ejecución de los mismos, apareciendo en primer lugar y evidentemente de fecha más temprana, aquellos dibujos que tienen un carácter preparatorio, seguido de los originales que generalmente se presentan en papel vegetal o papel tela y por último las copias que eran resultado de ser objeto de las técnicas de reproducción.

Conclusiones

En el presente estudio se ha visto como en sucesivas etapas se han ido formando los principios teóricos que han regido las reglas de catalogación, de forma que constituyen una sistematización dinámica y actualizada. Este trabajo de investigación supone un ejercicio donde se recogen explícitamente aquellos parámetros que tienen que ver con las reglas de catalogación de los materiales especiales. Ante la ausencia, en muchos casos, de modelos estandarizados de catalogación de mapas, dibujos y planos, se ha propuesto una ficha catalográfica basada en la actual normativa, modificada adecuadamente en base a la experiencia del exhaustivo trabajo de catalogación realizado sobre una serie de dibujos y planos de arquitectura de la Catedral de Sevilla, datados entre los siglos XVI al XX, para su puesta al servicio de los investigadores, así como para establecer una herramienta para la adecuada gestión del procesamiento de información del material gráfico-documental.

Ejemplo de Ficha Catalográfica

PLANO Nº 170

Signatura: A.C.S. Sección Mapas y Planos, nº 44.
Título: Sin título (Detalle de las losas de plementería)
Lugar y fecha: (s.f.) (Sevilla, 1890-1893)
Autor: (Joaquín Fernández Ayarragaray)

Técnica y soporte: Lápiz sobre papel Schleicher & Schüll Carl.
Medidas: 455 x 637 mm.-
Escala: Sin escala (1:2)
Anotaciones: Firmado por Díaz Infante, Gumersindo.

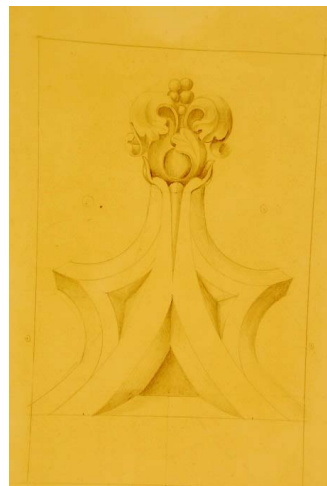


Fig 2. Detalles de las losas de plementería

Comentarios: Al igual que el anterior, este detalle decorativo está realizado con verdadera maestría. Reproducido e identificado como detalle perteneciente al plano del proyecto adicional de 1893 con signatura Archivo de la Catedral de Sevilla Sección IV: Fábrica Serie 14 Junta de obras Leg. 44 Plano, nº 453 con título "Detalles de las losas de Plementería". La representación del dibujo preparatorio en papel, coincide con el plano definitivo del proyecto en soporte vegetal. Un signo más de que éste es un boceto preliminar.

Se trata de un detalle del cairelado de la plementería de la bóveda del cimborrio de la catedral. Este cairelado también está presente con los mismos adornos en el remate de la crestería del cimborrio a modo de fleco o festón calado. Dibujo firmado por Gumersindo, delineante de la catedral junto con Francisco Escobar para la elaboración de los proyectos firmados por Ayarragaray en 1890 y 1893. Este plano demuestra que este conjunto de detalles fueron elaborados por sendos dibujantes.

Publicado por: LUNA FERNÁNDEZ-ARAMBURU, Rocío y SERRANO BARBERAN, Concepción. Planos y dibujos del Archivo de la Catedral de Sevilla (Siglos XVI-XX). Sevilla, 1986. Pág. 160.

Referencias bibliográficas

ALVAREZ TERAN, M^o C, 1980, *Catálogo de Planos, Mapas y Dibujos. Archivo de Simancas*, Edita Universidad de Valladolid.

ALMAGRO GORBEA, Antonio y ZUÑIGA URBANO, Ignacio *Atlas arquitectónico*, 2007, Edita Cabildo de la Santa, Metropolitana y Patriarcal Iglesia Catedral de Sevilla.



FALCÓN MÁRQUEZ, T, 1980, "Una colección inédita de 150 planos de la catedral de Sevilla", en *Actas del III Congreso Nacional de Historia del Arte. III Congreso Nacional de Historia del Arte*, Sevilla, Ceha, Pág. 23.

GARCÍA EJARQUE, L, 1994, "Inicios de la catalogación en España. Las primeras reglas de catalogación de la Real Biblioteca de Madrid", *Boletín de la ANABAD*, vol. 44, nº 1, pp. 89-106.

GAVARA PRIOR, JJ, 1996, *Planos, trazas y dibujos del Archivo de la Catedral de Valencia*, 1996.

GONZÁLEZ-VARAS IBAÑEZ, I, 1995, *La Catedral de Sevilla (1881-1900). El debate sobre la Restauración Monumental*. Sevilla.

HUIDOBRO SALAS, C, 2005, *Materiales gráficos, dibujos y grabados*, En DÍEZ CARRERA, C, *La catalogación de materiales especiales*, pp. 141-218.

LÓPEZ GUILLAMÓN, I, 2004, "Una nueva catalogación: Objetivos, principios, características y control de autoridad", *Revista Española de Documentos Científicos*, Nº 27, 2, pp. 192-211.

LÓPEZ GUILLAMÓN, I, junio 2004 "Apuntes para una historia de la catalogación internacional en los siglos XIX y XX", en *Scire*, 10:1, pp. 121-144.

Luna Fernández-Aramburu, R, Serrano Barberan, C, 1986, *Planos y dibujos del Archivo de la Catedral de Sevilla. (Siglos XVI-XX)*, Edita Diputación Provincial de Sevilla.

MOYANO CAMPOS, JJ, 2008, *Planos y Dibujos de Arquitectura del Siglo XVI al XX de la Catedral de Sevilla*, Tesis doctoral inédita.

RÚÍZ HERNANDO, J A, 2003, *Las trazas de la catedral de Segovia*.

SPEDALIERI, Graciela, 2006, "Los objetivos del catálogo", en *Revista información cultural y sociedad* nº 15, Argentina.

Pau NATIVIDAD VIVÓ

Universidad Politécnica de Cartagena
Dpto. de Arquitectura y Tecnología de la Edificación

Resumen

For construction of 16th century stone domes and sail vaults, both defined by spherical surface, Renaissance master masons put into practice an ingenious geometric procedure, substituting truncated cones for sphere portions that were developed in order to obtain patterns for carving voussoirs (Palacios [1990] 2003 pp.188-195, Rabasa 1996; Rabasa 2000 pp.160-183). However, the stereotomy of sail vault poses an added difficulty in comparison with the dome: the carving of pendentives, in particular the voussoirs located at the intersection of the vault and the wall arches, that need to be dressed using special templates. This paper studies the main solutions for sail vaults featuring round courses in the manuscript of Vandelvira, paying particular attention to the geometric process used in the construction of the templates for pendentive voussoirs, pointing out some minor but significant details such as compass marks, that may cast new light over these issues.

INTRODUCCIÓN

Durante el siglo XVI se produce en España la transición de la cantería gótica a la estereotomía renacentista. Junto a las bóvedas de crucería, basadas en soluciones lineales de nervios y plementería, empiezan construirse otras bóvedas con formas clásicas y ejecutadas completamente en piedra entera, como las medias naranjas, las baídas, las de arista, etc. Estos nuevos abovedamientos renacentistas plantean nuevos problemas para la construcción en piedra de cantería, acostumbrada al despiece de elementos lineales pero no de superficies complejas.

Dentro de este nuevo panorama reviste especial interés la estereotomía de las bóvedas de media naranja y, por extensión, de las baídas, definidas ambas según superficies esféricas (fig.1 y 2). Para su trazado y construcción los maestros canteros empleaban un ingenioso procedimiento geométrico que consistía en asemejar el intradós esférico de la bóveda a varios troncos de cono, tantos como hiladas estuviera previsto ejecutarse, de manera que se sustituía la porción de superficie esférica de cada hilada por una superficie cónica cuyo desarrollo permitía obtener las plantillas de la hilada. Las plantillas se empleaban en la labra del intradós esférico de las dovelas y luego, mediante comprobación con baivel, se tallaban las restantes caras (Palacios [1990] 2003 pp.188-195; Rabasa 1996; Rabasa 2000 pp.160-183). Esta técnica aparece recogida, desde el siglo XVI, en los principales manuscritos y textos de cantería españoles, como por ejemplo el de Alonso de Vandelvira (ca. 1585, f. 61v), Alonso de Guardia (c. 1600, f. 87v), Joseph Gelabert (1653, f. 51r), etc. Además se han documentado diferentes trazados que evidencian su empleo en la práctica constructiva, como las montañas en las terrazas de la catedral de Sevilla, del siglo XVI (Ruiz y Rodríguez 2002; Ruiz y Rodríguez 2011), los dibujos para la cúpula de la catedral de Segovia, del siglo XVII (Alonso, Calvo y Rabasa 2009) o las montañas para las bóvedas de horno de la iglesia de Santa Columba de Carnota, del siglo XVIII (Taín 2006; Taín y Natividad 2011).

En general se puede afirmar que la estereotomía de la bóveda de media naranja y la baída es similar, aunque con ciertas diferencias. La baída no es una semiesfera al completo, sino que más bien puede asemejarse a un casco esférico superior apoyado sobre cuatro pechinas esféricas inferiores. Y ésta es, precisamente, la dificultad añadida de la bóveda baída respecto de la media naranja: la labra de las pechinas, más concretamente de las dovelas que materializan el encuentro entre la baída y sus cuatro arcos de apoyo o de embocadura, localizados en los laterales de la bóveda, cuya talla requiere la obtención de plantillas especiales, como a continuación veremos.

El objetivo que se plantea en este trabajo es estudiar las trazas recogidas en el manuscrito de cantería de Vandelvira (ca. 1585) para el diseño y construcción de bóvedas baídas por hiladas redondas. Se analizará el modelo denominado 'capilla perlongada por hiladas redondas' (f. 83r), esto es, la baída sobre planta rectangular y despiezada por hiladas redondas. Se revisarán paso a paso las trazas, prestando especial atención a las operaciones geométricas empleadas en la obtención de las plantillas para las pechinas, pues algunos aspectos sobre su trazado no han sido, hasta la fecha, explicados con la suficiente claridad. Este estudio permitirá obtener algunas conclusiones que se extenderán al resto de trazas del manuscrito dedicadas a bóvedas baídas por hiladas redondas. Finalmente se realizarán algunas consideraciones para el caso de la baída sobre planta cuadrada donde, debido a la forma de la planta y el despiece del intradós, se producen unas superposiciones que generan cierta confusión en la lectura de su trazado.



Vandelvira expone en su manuscrito, bajo el nombre de 'capilla perlongada por hiladas redondas' (f. 83r.), las trazas para obtener las plantillas con las que construir una baída de planta rectangular resuelta por hiladas redondas (fig.3). Vandelvira empieza dibujando un rectángulo, que es el perímetro de la planta de la bóveda. Sobre éste añade las dos diagonales, los dos ejes ortogonales vertical y horizontal (señalado con la letra C) y la circunferencia circunscrita (que denomina con la letra A). Esta circunferencia, aunque la dibuja junto a la planta rectangular, en realidad representa la sección, según un plano vertical, del intradós esférico de la baída. Es decir, Vandelvira está dibujando superpuestas la planta y una sección vertical de la bóveda. A lo largo del proceso de trazado veremos que esta situación se repite más veces, pero no debe extrañarnos. La superposición de diferentes proyecciones ortogonales es una operación bastante frecuente en los trazados de cantería, ya sea por economía de esfuerzo o para aprovechar al máximo el espacio de dibujo disponible (Calvo 1999, 1: 181-183; Calvo et al. 2005, 137-150).

El siguiente paso es dividir un cuarto de la circunferencia A (es decir, media sección vertical del intradós esférico) en tantas partes como hiladas redondas esté previsto ejecutarse. En este caso Vandelvira opta por dividir el cuarto superior izquierdo de la circunferencia en seis partes y media, lo que significa que pretende diseñar una baída compuesta por siete hiladas redondas incluida la clave. Cada división representa la junta entre dos hiladas, de forma que dos divisiones consecutivas delimitan la altura de una hilada. Como ahora veremos, estas divisiones de la sección se van a utilizar para dos cosas.

En primer lugar las divisiones permiten dibujar, en la planta, las juntas entre hiladas. Para ello Vandelvira traslada las divisiones, mediante líneas verticales, desde la circunferencia A hasta el eje horizontal C. Luego, desde el centro de la planta y con radio hasta cada una de estas nuevas divisiones marcadas en el eje C, dibuja una serie de arcos de circunferencia concéntricos, contenidos dentro del perímetro rectangular de la planta, que representan las juntas horizontales entre hiladas. En segundo lugar las divisiones de la sección permiten realizar los desarrollos de intradós de las hiladas. Como se ha indicado anteriormente, esta operación consiste en asemejar el intradós esférico de cada hilada a un tronco de cono susceptible de desarrollarse. Analizando una hilada en concreto, vemos que Vandelvira une los dos puntos de división de la hilada (que están en la circunferencia A) con una recta, la cual prolonga hasta que corta al eje vertical. Con centro en este punto de intersección y con radio hasta los dos puntos de división anteriores, traza los dos arcos de circunferencia que representan el desarrollo del intradós cónico de dicha hilada. Esta operación se repite en todas las hiladas.

Para las dovelas de las hiladas del casco esférico superior, estos desarrollos de intradós definen, gráficamente, la forma de los bordes inferior y superior de las plantillas. Tan sólo queda limitar los laterales de cada desarrollo por donde interese, para hacer plantillas más o menos largas con objeto de aprovechar al máximo el material pétreo disponible. Siguiendo este esquema, y a modo de ejemplo, Vandelvira traza varias plantillas de diferentes longitudes (señaladas con la letra B). Es importante indicar que el borde lateral de las plantillas se dibuja con una recta perpendicular a sus correspondientes arcos de circunferencia, es decir, que pasa forzadamente por el centro de estos arcos, el cual se localizaba en el eje vertical.

Para las dovelas de las pechinas, los desarrollos también definen la forma los bordes superior e inferior de las plantillas. Sin embargo ahora no podemos delimitar lateralmente las plantillas mediante rectas como habíamos hecho antes, ni tampoco podemos darles mayor o menor longitud según nos convenga. El proceso para trazar estas plantillas es algo más complejo y por este motivo Vandelvira se ve en la necesidad de explicarlo con todo detalle para una de las cuatro pechinas. Como ahora veremos, para trazar las plantillas de las pechinas se requieren varios datos gráficos que se obtienen de tres operaciones diferentes. Vandelvira dibuja cada operación por separado, probablemente para facilitar su lectura y comprensión.

La primera operación consiste en obtener los arcos que definen los bordes inferior y superior de las plantillas. Tal y como se ha explicado anteriormente, el desarrollo del intradós de cada hilada proporciona los arcos de circunferencia que definen la forma, o curvatura, de los bordes inferior y superior de las plantillas, tanto para las hiladas del casco como para las hiladas de las pechinas. Todos estos desarrollos se dibujan en la parte superior izquierda de la planta.

En la segunda operación se van a obtener las longitudes de los bordes inferior y superior de las plantillas de las pechinas. Para obtener estas longitudes Vandelvira necesita despiezar una de las cuatro pechinas, vista en planta, para lo cual elige la situada en la esquina superior derecha. Recordemos que las juntas horizontales entre hiladas ya habían sido dibujadas anteriormente, como arcos de circunferencia, a partir de las divisiones trasladadas desde la circunferencia A hasta el eje horizontal C. Entonces sólo falta trazar las juntas entre dovelas de la misma hilada, que se dibujan como segmentos rectos convergentes al centro de la planta. El resultado final del despiece propuesto por Vandelvira es una pechina compuesta por cuatro hiladas con un total de siete dovelas (numeradas del 1 al 7). En la planta de esta pechina despiezada podemos medir la longitud de las juntas horizontales de las dovelas, que nos proporcionan la longitud de los bordes inferior y superior de las plantillas (cuya curvatura habíamos obtenido, recordemos, en la primera operación).

Y la tercera operación, que hasta la fecha ha pasado inadvertida, también se dibuja en la esquina superior derecha. Se trata del desarrollo, según conos de eje horizontal, de los dos arcos laterales de apoyo o embocadura, que deben proporcionar los arcos de circunferencia que definen los bordes laterales de las plantillas de las pechinas. Puesto que la planta de la bóveda es rectangular, tenemos dos arcos de embocadura circulares con diferente radio y, por tanto, con diferente desarrollo. Para el caso del arco de embocadura menor, Vandelvira imagina una hilada redonda vertical virtual, que será paralela al lado menor de la planta, y le asigna una anchura, que marca sobre la circunferencia A, desde la esquina superior derecha de la planta hacia la izquierda. Uniendo con una recta los dos puntos que delimitan esta anchura, y prolongando esta recta hasta que corta con el eje horizontal C, se obtiene el punto de intersección denominado n. Finalmente, con centro en este punto n y radio hasta la esquina superior derecha de la planta, se obtiene el desarrollo, según un cono eje horizontal, del arco de embocadura menor (señalado con la letra m). Para el caso del mayor se procede de igual manera. Se supone una hilada redonda vertical virtual paralela al lado mayor de la planta, y se le asigna una anchura, marcada sobre la circunferencia A, desde la esquina superior derecha de la planta hacia la derecha. Uniendo con una recta los puntos que delimitan esta anchura y prolongándola hasta que corte al eje vertical, obtenemos el punto de intersección p. Finalmente, con centro en este punto p y radio hasta la esquina superior derecha de la planta, se obtiene el desarrollo, según un cono de eje horizontal, del arco de embocadura mayor (señalado con la letra o).

Tras realizar estas tres operaciones, Vandelvira ya dispone de los datos gráficos necesarios para dibujar las plantillas de las pechinas: (1) la altura de las plantillas, que es la altura de las hiladas, dato que se obtiene directamente de la circunferencia A dividida en seis partes y media; (2) las curvaturas de los arcos que definen los bordes inferior y superior de las plantillas, obtenidas a partir de los desarrollos de intradós realizados en la primera operación; (3) las longitudes de estos bordes, obtenidas midiendo la longitud de las juntas horizontales en la planta de la pechina despiezada en la segunda operación; (4) y las curvaturas de los arcos que definen los laterales de las plantillas, obtenidas de los desarrollos de los arcos de embocadura realizados en la tercera operación.

Vandelvira decide trazar las plantillas de las siete dovelas de la pechina en la parte superior izquierda de las trazas, en un lado aparte separado de la planta. Primero dibuja una recta horizontal, base de la pechina. Sobre esta horizontal traza una recta vertical, que representa el alzado de la diagonal que en la planta divide a la pechina en dos partes: la derecha en contacto con el arco de embocadura menor y la izquierda en contacto con el mayor. Sobre esta vertical se dibujan los arcos que definen los bordes inferior y superior de las plantillas, teniendo en cuenta que la separación vertical entre un borde inferior y su correspondiente superior debe ser la altura de la plantilla, es decir, de la hilada.

A continuación toca delimitar la anchura de los bordes inferior y superior de cada hilada. Para esto medimos la longitud de las juntas horizontales en la planta de la pechina despiezada y trasladamos estas distancias a nuestro dibujo de las plantillas de la pechina. Las plantillas están divididas, por la vertical, en una parte derecha y otra izquierda. Esto hay que tenerlo en cuenta a la hora de trasladar las longitudes, pues en la parte derecha de las plantillas debe quedar una distancia equivalente a la longitud de junta horizontal que en la planta está a la derecha de la diagonal, en el lado de la pechina en contacto con el arco de embocadura menor. Y en la izquierda de las plantillas quedará una distancia equivalente a la longitud que tienen las juntas horizontales en la parte izquierda de la diagonal, donde la pechina contacta con el arco de embocadura mayor. Conviene indicar que para trasladar con exactitud todas estas longitudes sería necesario rectificar los arcos, pues no tiene igual curvatura la junta en planta que su desarrollo en la plantilla. De todas maneras, si se trasladan directamente, aunque se comete un pequeño error, no conlleva desviaciones importantes.

Finalmente se pueden dibujar los arcos que definen los bordes laterales de las plantillas. En la parte derecha de las plantillas unimos los extremos de los bordes inferior y superior de las hiladas con arcos de curvatura igual al arco m, desarrollo del arco de embocadura menor. En la parte izquierda se unen los extremos de los bordes inferior y superior de las hiladas con arcos de curvatura igual al arco o, desarrollo del arco de embocadura mayor. Por su parte, las divisiones entre plantillas dentro de la misma hilada son líneas rectas perpendiculares a los bordes inferior y superior correspondientes. Concluidos estos trazados, se han obtenido todas las plantillas de la pechina.

Vandelvira realiza todo el proceso gráfico para las siete dovelas de la pechina, pero sólo lo explica con palabras para la plantilla de la dovela número 1:

"Ahora para trazar la pechina que salga del rincón, que empareje con lo alto de los arcos, harás de esta manera: en una línea a plomo echarás el altura de la primera dovela como parece de la f. a la g., luego en la parte alta trazarás el anchura D. de su plomo, tomando la mitad desde la línea diagonal echada a la parte del arco menor que es la más extendida a la mano derecha señalada con la h. y la más encogida de su plomo D. de hacia el arco mayor echarás a la mano izquierda señalada con la i., luego desde el punto f. al punto h. echarás la cercha m., la cual sale del punto n. y a esta otra parte echarás la cercha o. que sale del punto p., las cuales dos cerchas se sacan por la orden que dije en la traza pasada." (f. 82v)



Como indica Vandelvira, para obtener las plantillas de la pechina del rincón se procede de la siguiente manera: tras dibujar las rectas horizontal y vertical, se marca la altura de la plantilla primera, desde *f* en la base, hasta *g* en la parte superior. Luego en la parte alta se dibuja el borde superior de la plantilla y se le asigna una anchura, que se mide directamente de la planta. A la derecha de la vertical se dispone una longitud del borde superior equivalente a la longitud de junta horizontal que en planta quedaba a la derecha de la diagonal. Esto queda señalado como la distancia desde *g* hasta *h*. Y a la izquierda se procede igual, es decir, se dispone una longitud del borde superior igual a la longitud de junta horizontal que quedaba, en la planta, a la izquierda de la diagonal. Esto queda señalado como la distancia desde *g* hasta *i*. Para acabar se dibujan los bordes laterales de la plantilla. El lateral derecho se dibuja uniendo el punto *f* en la base y el punto *h* superior derecho con el arco *m*, desarrollo del arco de embocadura menor. Y el borde lateral izquierdo se dibuja uniendo el punto *f* y el punto *i* superior izquierdo con el arco *p*, desarrollo del arco de embocadura mayor.

CONSIDERACIONES A LA ESTEREOTOMÍA DE LAS BÓVEDAS BAÍDAS POR HILADAS REDONDAS

Como hemos visto, el proceso a seguir para construir una bóveda baída por hiladas redondas es, en líneas generales, bastante similar al de una media naranja convencional. Se trata de obtener las plantillas de intradós con las que poder labrar las dovelas. Sin embargo sabemos que una baída no es una semiesfera completa, sino más bien un casco esférico apoyado sobre cuatro pechinas. Por este motivo, para la baída por hiladas redondas es necesario obtener por separado las plantillas de las dovelas del casco y de las pechinas, que son parecidas pero no iguales.

El proceso de obtención de las plantillas para las dovelas del casco no ofrece diferencia alguna respecto del caso general aplicado en una media naranja. Únicamente se trata de desarrollar el intradós de cada hilada y limitarlo lateralmente para hacer plantillas más o menos largas según interese. Por su parte, el proceso en las plantillas de las dovelas de las pechinas presenta algunas diferencias: al igual que antes, el tracista debe desarrollar el intradós de la hilada de la cual quiere obtener las plantillas, pero, en este caso, el desarrollo queda limitado lateralmente por los cuatro arcos de apoyo o de embocadura de la bóveda baída, lo que implica operaciones gráficas adicionales.

Algunos autores plantean hipótesis sobre la manera de trazar y obtener las plantillas para las pechinas de las baídas por hiladas redondas, basándose en los manuscritos del siglo XVI y, en especial, en el texto de Vandelvira (Palacios [1990] 2003 pp.254-256; Calvo et al. 2005 pp. 86-91; Rabasa 2007 pp.50-52). Todos coinciden en que, tras el desarrollo de las hiladas, la operación a realizar es dar a cada desarrollo de cono la longitud adecuada, para lo cual se mide en planta la longitud de la junta horizontal correspondiente y se traslada al desarrollo. Aunque es posible trasladar estas longitudes directamente sin que represente un error importante, el proceso exacto requiere rectificar arcos. La siguiente operación consiste en limitar lateralmente cada desarrollo de cono con una curva que pase por los extremos de los bordes inferior y superior de las plantillas. Y es sobre la forma o curvatura de estos bordes laterales donde se plantean diferentes hipótesis: J.C. Palacios explica que se debería calcular un punto intermedio entre los dos extremos de los bordes inferior y superior de la plantilla, de manera que el arco que limita lateralmente la plantilla es el arco que pasa por estos 3 puntos (Palacios [1990] 2003 p.256); J. Calvo explica que la curvatura de este arco podría tomarse de la junta de lecho que pasa por las claves de los arcos de embocadura, que para el caso de una baída sobre planta cuadrada coincide con la curvatura de los propios arcos de embocadura (Calvo et al. 2005 p.90); y E. Rabasa expone que el arco que limita lateralmente la plantilla es un arco con igual curvatura que el arco de embocadura (Rabasa 2007 p.51). En mi opinión estas tres hipótesis derivan del estudio de las trazas para la 'capilla cuadrada por hiladas redondas' (f. 83r), es decir, de la baída de planta cuadrada resuelta por hiladas redondas (fig.4). Como ahora veremos, este caso presenta algunas superposiciones en sus trazados que ocultan datos importantes, motivo por el cual su estudio aislado ha conducido a diferentes interpretaciones sobre el proceso de obtención de las plantillas de las pechinas. Sin embargo, ahora, tras el estudio realizado en este trabajo sobre la 'capilla perlongada por hiladas redondas', estamos en disposición de entender mejor el resto de trazas para baídas por hiladas redondas, entre ellas la mencionada baída 'cuadrada'.

En las trazas de la 'capilla cuadrada por hiladas redondas' (f. 83r) podemos ver que Vandelvira ya no separa en varias partes las operaciones para diseñar las plantillas de las pechinas, como hacía en la 'perlongada', sino que las agrupa en el mismo dibujo (fig.4). Se da la circunstancia de que en la sección vertical del intradós (circunferencia B), al realizar las divisiones para establecer el número de hiladas, la junta entre la hilada tercera y la cuarta coincide con la esquina de la planta de la bóveda. Esta coincidencia provoca que posteriormente se solapen el desarrollo de la junta horizontal entre estas hiladas (desarrollo de una curva horizontal según un cono de eje vertical) con el desarrollo del arco de embocadura (desarrollo de una curva vertical según un cono de eje horizontal) pues ambos se realizan desde dicha esquina. Esta superposición hace que el desarrollo del arco de embocadura pase desapercibido dentro del conjunto de desarrollos de las hiladas y, por tanto, que no se aprecie claramente la operación que realmente proporciona la curvatura de los bordes laterales de las plantillas de las pechinas. Pese a esta superposición, Vandelvira explica con palabras el proceso para la plantilla de la primera hilada de la pechina diciendo que "*Luego, del punto n. al punto o. echarás la cercha p. que es la que sale del punto g.*" (f. 81v). En otras palabras: la cercha (arco) *p* se obtiene como desarrollo del arco de embocadura, que resulta ser una curva superpuesta al desarrollo de la junta entre la hilada tercera y la

cuarta. Después esta cercha se aplica en la plantilla de la dovela primera para delimitarla lateralmente, desde el punto n en la parte inferior, hasta el punto o en la parte superior derecha.

Si analizamos más trazas de baídas por hiladas redondas podemos ver que el empleo del desarrollo de los arcos de embocadura según un cono de eje horizontal, para limitar lateralmente las plantillas de las pechinas, no es una operación exclusiva de la 'capilla cuadrada por hiladas redondas' o la 'capilla perlongada por hiladas redondas'. Vandelvira aplica este procedimiento en otras baídas por hiladas redondas de su manuscrito, como por ejemplo en el 'triángulo igual por hiladas redondas' (f. 87r) o en el 'triángulo desigual' (f. 88r). Es más, esta operación es, en esencia, la misma que se aplica en las baídas por hiladas cuadradas. En éstas las hiladas son redondas pero verticales, de forma que las juntas entre hiladas son arcos circulares verticales y paralelos a las embocaduras. Para obtener las plantillas de sus dovelas, Vandelvira desarrolla los conos correspondientes, que ahora son de eje horizontal. Para las hiladas en contacto con los arcos de embocadura, el borde de la plantilla que representa el contacto entre la dovela y el arco se dibuja como el desarrollo de este propio arco. En resumidas cuentas, tanto en las baídas por hiladas redondas como por hiladas cuadradas, las dovelas que están en contacto con los arcos de embocadura tienen plantillas tales que los bordes que definen el contacto de la dovela con dichos arcos se dibujan como curvas circulares cuya curvatura es la correspondiente al desarrollo del propio arco de embocadura.

Finalmente, llegados a este punto, surgen algunas preguntas interesantes. ¿Se podría analizar el error cometido en la plantilla de las dovelas de las pechinas, si lo hay, como consecuencia de combinar en el mismo plano los desarrollos de cono de eje vertical (para los bordes inferior y superior) con los desarrollos de cono de eje horizontal (para los laterales)? ¿Cuál es el procedimiento de diseño de las plantillas para las pechinas en otros textos de cantería? Estas y otras cuestiones son posibles caminos de investigación para el futuro.

CONCLUSIONES

Se han estudiado las trazas para la 'capilla perlongada por hiladas redondas' (f. 83r.) del manuscrito de Vandelvira, prestando especial atención a los procedimientos geométricos aplicados en el diseño de las plantillas de las dovelas de las pechinas. Se ha comprobado que son cuatro los datos gráficos que permiten dibujar estas plantillas: el primer dato es la altura de las hiladas, que se mide directamente de la sección vertical de la bóveda; el segundo dato se obtiene del desarrollo del intradós de las hiladas de las pechinas, según conos de eje vertical, que proporcionan los bordes inferior y superior de las plantillas; el tercer dato surge del despiece en planta de las pechinas, que proporciona la longitud de los bordes inferior y superior anteriores; y el cuarto dato se obtiene del desarrollo de los arcos de embocadura, según conos de eje horizontal, que proporciona los bordes laterales de las plantillas. Con estos cuatro datos gráficos se dibujan las plantillas para las dovelas de las pechinas. Finalmente se ha comprobado que estas operaciones se emplean en otras baídas por hiladas redondas del manuscrito, como por ejemplo en la 'capilla cuadrada por hiladas redondas', aunque algunas superposiciones de sus trazados dificulten su lectura.

NOTA

Este trabajo se inscribe en el proyecto de investigación "Construcción en piedra de cantería en los ámbitos mediterráneo y atlántico (2)" (BIA2009-14350-C02-02) del Plan Nacional de I+D+i del Ministerio de Economía y Competitividad.



Fig 1. Bóveda baída por hiladas redondas sobre planta cuadrada en la Iglesia de Santiago Apóstol (Orihuela, Alicante). 2012.





Fig 2. Bóveda baída por hiladas redondas sobre planta rectangular en la Iglesia de Santo Domingo (Sanlúcar de Barrameda, Cádiz). 2011.

326

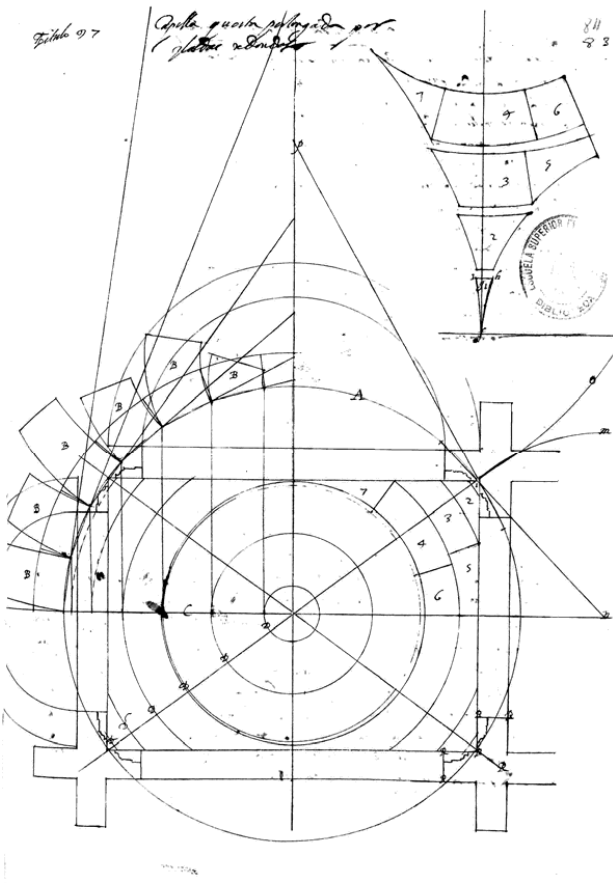


Fig 3. 'Capilla prolongada por hiladas redondas'. Ca. 1585. Vandelvira, Libro de traças de cortes de piedras (f. 83r.)

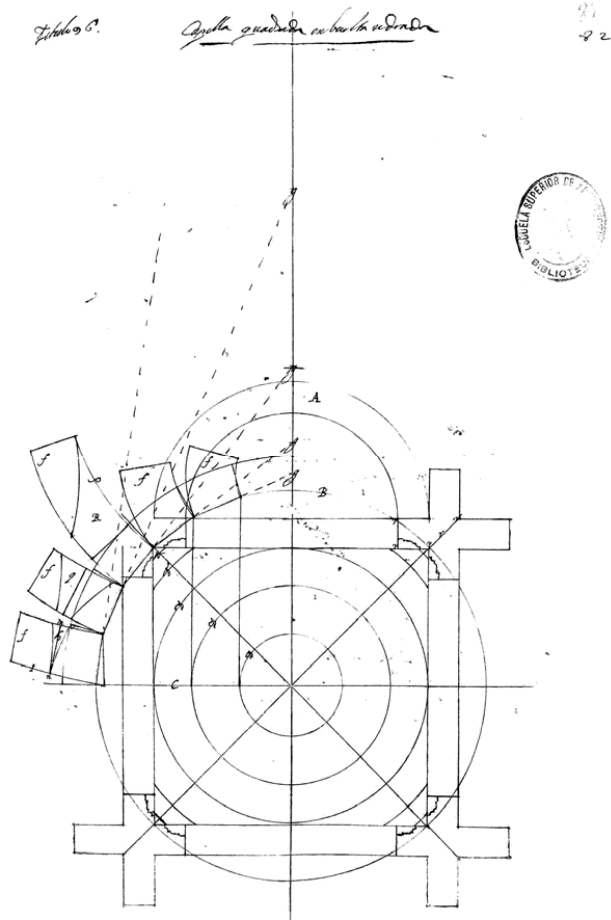


Fig 4. 'Capilla cuadrada por hiladas redondas'. Ca. 1585. Vandelvira, Libro de traças de cortes de piedras (f. 82r.)

Referencias bibliográficas

Alonso Rodríguez, M.A., Calvo López, J. y Rabasa Díaz, E. 2009. Sobre la configuración constructiva de la cúpula del crucero de la Catedral de Segovia. *Actas del VI Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, pp.53-62. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Calvo López, J. 1999. *Cerramientos y trazas de monea de Ginés Martínez de Aranda*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, 1999.

Calvo López, J. et al. 2005. *Cantería renacentista en la Catedral de Murcia*. Colegio Oficial de Arquitectos de Murcia.

Gelabert, J. 1653. *Verdaderos trazes de l'art de picapedrer*. Biblioteca del Consell Insular de Mallorca, Manuscrito. Ed. facsimilar: Palma de Mallorca, Instituto de Estudios Baleáricos, 1977.

Guardia, A. d. Ca. 1600. *Manuscrito de arquitectura y cantería*. Biblioteca Nacional de España, ER/4196. Anotaciones sobre una copia de Giovanni Battista Pittoni, Imprese di diversi principi, duchi, signori e d'altri personaggi, et huomini illustri, libro II, Venecia, 1566.

Palacios Gonzalo, J.C. [1990] 2003. *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento español*. Munilla-Lería, Madrid. Edición 1ª del Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Ministerio de Cultura, 1990.

Rabasa Díaz, E. 1996. Técnicas góticas y renacentistas en el trazado y la talla de las bóvedas de crucería españolas del siglo XVI. *Actas del I Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, pp.423-434. Instituto Juan de Herrera, Madrid.

Rabasa Díaz, E. 2000. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*. Madrid: Akal.



Rabasa Díaz, E. 2007. *Guía práctica de la estereotomía de la piedra*. Editorial de los Oficios, León.

Ruiz de la Rosa, J.A. y Rodríguez Estévez, J.C. 2002. Capilla redonda en buelta redonda (SIC): Aplicación de una propuesta teórica renacentista para la catedral de Sevilla. *Actas del IX Congreso Internacional Expresión Gráfica Arquitectónica*, pp.509-516. Universidad de A Coruña.

Ruiz de la Rosa, J.A. y Rodríguez Estévez, J.C. 2011. Capilla redonda en buelta redonda: Nuevas aportaciones sobre una monte renacentista en la Catedral de Sevilla. *Actas del VII Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, pp.1275-1282. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Taín Guzmán, M. 2006. Fifteen unedited engraved architectural drawings uncovered in northwest Spain. *Proceedings of the Second International Congress on Construction History*, pp.3011-3023. Cambridge: Construction History Society.

Taín Guzmán, M. y Natividad Vivó, P. 2011. La monte para las bóvedas de horno de Santa Columba de Carnota. *Actas del VII Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, pp.1389-1399. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Vandelvira, A. d. Ca. 1585. *Libro de traças de cortes de piedras*. Madrid: Biblioteca de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid. Edición facsimilar con introducción, notas, variantes y glosario hispano-francés de arquitectura: Barbé-Coquelin de Lisle, G. 1977. *Tratado de arquitectura de Alonso de Vandelvira*. Caja Provincial de Ahorros, Albacete.

Pau NATIVIDAD VIVÓ
José CALVO LÓPEZ

Universidad Politécnica de Cartagena
Dpto. de Arquitectura y Tecnología de la Edificación

Resumen

The presbytery of the church of El Salvador of Caravaca de la Cruz (Murcia) is covered by a mid-16th century trellis vault, built as a mesh of curved ribs, filled with coffers. Vandelvira's manuscript (ca.1585) explains a number of constructive solutions for this kind of vaults where ribs are defined by spherical surface spanning a rectangular area. However, a number of studies show that many trellis vaults are not really spherical (Palacios [1990] 2003 pp.302-321; Bravo 2009; Bravo 2011). Taking this into account, Bravo (2011) puts forward a geometrical classification. In this paper we shall present a three-dimensional survey of this trellis vault. We have analyzed its geometry, checking it is not a spherical surface and, furthermore, it cannot be included in any type of classification posited in previous studies. Then we will pose a hypothesis about the process of vault formal generation, stressing its differences with Vandelvira's trellis vaults.

SOBRE LAS BÓVEDAS POR CRUCEROS Y SU GEOMETRÍA: EL CASO DE EL SALVADOR DE CARAVACA DE LA CRUZ

En 1536 los visitadores de la Orden de Santiago deciden construir una nueva iglesia parroquial en Caravaca de la Cruz (Murcia) debido a que el antiguo templo, incluso ampliado, se había quedado pequeño frente al importante crecimiento de la población de la villa. Existen diferentes hipótesis sobre la autoría de las trazas para la nueva iglesia, pero una de las más sólidas señala a Jerónimo Quijano como posible tracista (Gutiérrez-Cortines 1989 pp.299-315). Las obras comenzaron pocos años antes de 1540 y se alargaron durante los siglos siguientes, en varias fases y con diferentes maestros canteros (Pozo 2002) (fig.1).

En la primera fase constructiva estuvo al frente Martín de Oma. Su presencia queda documentada desde 1539 hasta 1557, etapa de máxima actividad en la que se ejecutó parte importante de la iglesia. En 1546, cuando los visitadores inspeccionaron el estado de las obras, comprobaron que ya se había acabado el crucero, dos capillas a cada lado con sus respectivas bóvedas, una sacristía en la parte de la epístola, el primer cuerpo de la torre y parte del segundo. Según Gutiérrez-Cortines (1989, p.309) estos datos permiten atribuir a Martín de Oma la ejecución de la cabecera, el crucero y las partes adyacentes más relevantes. Parece bastante probable, por tanto, que la bóveda del presbiterio fuera también obra suya. Esta bóveda está ejecutada mediante una malla de nervios curvos y casetones labrados en piedra de cantería, tipología conocida como 'bóveda por cruceros' (fig.2). Como veremos en este artículo, la de El Salvador presenta una geometría especialmente interesante dentro del estudio de la forma y construcción de estas bóvedas.

El manuscrito de Alonso de Vandelvira (ca.1585, f. 62v-65r, 70v-71r, 72v-73r, 75v-76r, 97v-102r, 103v, 104v-105r, 106v-107r, 124r) es el único texto de cantería del siglo XVI que incluye trazas para las bóvedas por cruceros. La característica principal de estas bóvedas es que se configuran a partir de un conjunto de nervios, normalmente curvos, orientados según dos direcciones, que se intersecan en el espacio dando lugar a una malla curva. Los nervios reciben el nombre de 'cruceros' y las piezas que resuelven el encuentro entre dos nervios se llaman 'cruceñas'. Entre los cruces de los nervios quedan huecos que se cubren con casetones u otros elementos similares.

En su manuscrito, Vandelvira expone diferentes ejemplos de bóvedas por cruceros. En los modelos con planta cuadrada y rectangular, los cruceros se pueden disponer ortogonal o diagonalmente respecto de la planta, pero siempre se diseñan con directrices circulares de manera que en su conjunto determinan una superficie esférica. Bajo estas circunstancias podríamos pensar que las bóvedas por cruceros sobre planta rectangular son una tipología dentro de las bóvedas, ya que su intradós es esférico. Pero la realidad construida es bien diferente: existen diversos estudios que muestran como muchas bóvedas por cruceros sobre planta cuadrada o rectangular construidas en España y otras geografías no siempre tienen intradós esférico (Palacios [1990] 2003 pp.302-321; Bravo 2009; Bravo 2011). De hecho, la casuística geométrica a la que están sometidas estas construcciones es enorme. Por este motivo, algunos de estos estudios proponen una clasificación tipológica atendiendo a la configuración geométrica (Bravo 2011). Aparecen, entonces, diferentes bóvedas por cruceros: las bóvedas, las rebajadas, las de traslación, las que se estructuran según arcos escarzanos, peraltados, etc.

El objetivo de este trabajo es realizar un levantamiento arquitectónico de la bóveda por cruceros del presbiterio de la iglesia parroquial de El Salvador, en Caravaca de la Cruz (Murcia). A partir de este levantamiento se estudiará la geometría de la bóveda, fundamentalmente de los cruceros, y se realizarán hipótesis sobre el



posible proceso de ideación formal. Este estudio geométrico permitirá comprobar si la bóveda se ajusta a alguna de las tipologías propuestas en las clasificaciones existentes o, por el contrario, si presenta alguna forma singular no estudiada anteriormente. Se realizará una comparación entre las similitudes y diferencias de la bóveda de El Salvador respecto de los modelos propuestos por Vandelvira en su manuscrito, y se realizarán algunas consideraciones sobre cuestiones constructivas.

LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO TRIDIMENSIONAL

Con el levantamiento arquitectónico se pretende generar una documentación gráfica rigurosa de la bóveda. El instrumental empleado ha sido, básicamente, una estación total láser con precisión de $\pm 1,5$ mm para la obtención de las coordenadas de los puntos, y un programa de CAD para el modelado tridimensional de la bóveda y la obtención de diferentes planos y perspectivas de la misma.

En primer lugar, mediante el empleo de la estación total láser, se obtienen las coordenadas de diferentes puntos de la bóveda. En este caso, tratándose de un elemento de cantería, nos interesa localizar aquellos puntos que permiten conocer la geometría general de la bóveda y su despiece. Ha sido necesario realizar diferentes estacionamientos para cubrir toda la parte visible del intradós, y se han obtenido las coordenadas de los puntos que definen las aristas generales de los cruceros, de los casetones y las juntas entre las diferentes dovelas. El resultado de este proceso es una nube de aproximadamente 2600 puntos. Estos puntos se cargan en un programa de CAD y se unen convenientemente con líneas rectas o, en su caso, curvas, para generar un modelo alámbrico tridimensional del intradós de la bóveda. A continuación, a partir de estas líneas rectas y curvas, se generan una serie de superficies para dar sensación de 'masa' al levantamiento (fig.3). De esta manera aquellos elementos que deberían verse ocultos dependiendo del punto de vista, pero que en el modelo alámbrico se veían a través de las líneas, ahora permanecen realmente ocultos. Esta cuestión es importante tanto en el trabajo con el modelo tridimensional como con las proyecciones bidimensionales que desde el mismo puedan hacerse.

A causa de las grandes dimensiones del retablo del altar mayor, no se ha podido tomar coordenadas de una pequeña parte de la bóveda, concretamente de los dos cruceros y casetones más próximos al muro del fondo, donde se ubica el retablo. Ahora bien, teniendo en cuenta que los cruceros visibles son simétricos respecto a los ejes longitudinal y transversal, hemos reconstruido la parte oculta por el retablo duplicando por simetría alrededor del eje longitudinal de la bóveda los cruceros visibles en la parte opuesta, junto al arco de testa. En esta reconstrucción se ha dibujado la forma general de los cruceros y los casetones, pero no su despiece, intentando por encima de todo obtener un modelo completo de la bóveda con el menor grado de interpretación posible. El resultado definitivo es un levantamiento tridimensional del intradós de la bóveda, que incluye cruceros, casetones y su despiece correspondiente. Un levantamiento tridimensional tiene la ventaja de facilitar enormemente el estudio geométrico y además permite generar, a través del programa de CAD, cualquier tipo de presentación bidimensional en cualquier sistema de representación. Es decir, que a partir del modelo tridimensional se pueden generar todos los planos y perspectivas deseadas (fig.4).

ESTUDIO GEOMÉTRICO

En nuestro estudio geométrico nos va a interesar trabajar únicamente con los cruceros, pues son éstos los que proporcionan a la bóveda su configuración geométrica global, mientras que los casetones son unos elementos añadidos posteriormente que se ajustan en forma y dimensiones al hueco generado entre los cruceros. Por este motivo en el estudio geométrico trabajaremos con planos y proyecciones donde se han excluido los casetones intencionadamente.

Si analizamos la bóveda en planta, comprobamos que los cruceros se organizan según dos direcciones principales (fig.5). La dirección longitudinal en la que se disponen 8 cruceros mayores (más largos), y la transversal en la que se disponen 10 cruceros menores (más cortos). El cruce de estos 18 nervios deja una malla de 7x9 casetones. El perímetro de la planta se adapta a un rectángulo que mide 9,90 x 5,64 metros, lo que nos da una proporción de 7:4. Vamos a dibujar la circunferencia circunscrita a la planta y vamos a dividirla por las cuatro esquinas del rectángulo. De esta manera nos quedan 4 arcos de circunferencia: 2 largos y 2 cortos. Si dividimos los arcos largos en 9 partes iguales y unimos con rectas las divisiones correspondientes entre ambos, se comprueba que dichas rectas definen las directrices, en planta, de los cruceros menores. Lo mismo pasa con los dos arcos cortos. Si los dividimos en 7 partes iguales y unimos las divisiones de ambos con rectas, podemos ver que quedan definidas las directrices de los cruceros mayores. Evidentemente existen pequeñas desviaciones entre algunos cruceros y las directrices obtenidas, pero es bastante probable que se deban a tolerancias en fase de construcción o deformaciones posteriores.

Una vez determinado el esquema que regula la posición de los nervios en planta, es momento de analizar su curvatura. En una sección vertical transversal de la bóveda se pueden estudiar los cruceros menores, mientras que en una sección longitudinal se puede hacer lo propio con los mayores (fig.5). Es importante indicar que todos los cruceros interiores tienen su arranque y final en los cuatro cruceros perimetrales, situados en los laterales de la bóveda. Esto significa que la mayor o menor curvatura de los perimetrales determina la posición

de los interiores y, por tanto, condiciona de manera importante la geometría resultante de la bóveda, como podremos ver a continuación.

En la sección vertical longitudinal se observa un crucero perimetral mayor en verdadera magnitud. Su curvatura queda definida según una circunferencia con centro por debajo del plano de arranque de la bóveda. Si ahora observamos la sección vertical transversal, vemos los cruceros menores en verdadera magnitud. La altura de arranque de cada uno de los menores viene determinada por la curvatura del perimetral mayor, y sus directrices parecen estar definidas según circunferencias concéntricas con centro por debajo del plano de arranque de la bóveda. Todo parece indicar que el maestro cantero tenía en mente construir una bóveda donde los cruceros menores fueran arcos circulares concéntricos (según se ven en sección vertical), para lo cual necesitaba conocer dos datos: la posición del centro y el radio de cada arco. El centro puede colocarse en el plano de arranque de la bóveda o por debajo, cuestión que sólo depende de si se quiere un abovedamiento más o menos rebajado. Una vez fijado el centro queda definido el radio de cada crucero menor, como ya hemos indicado, por la altura a la que se encuentra su arranque, cuestión que depende de la curvatura del perimetral mayor.

Llegados a este punto, el maestro cantero podría tomar dos caminos diferentes para el diseño de su bóveda. En el hipotético caso de que el centro del crucero perimetral mayor se localizara a la misma altura que los centros de los menores, solo cabría la posibilidad de que los cruceros mayores fueran todos circulares. Entonces el resultado sería un intradós esférico, es decir, una bóveda baída. Sin embargo, la realidad es que el centro del crucero perimetral mayor no está a la misma altura que los centros de los menores, sino por debajo. Esto provoca que todos los cruceros mayores, excepto los perimetrales, sean unas curvas de geometría en principio desconocida y cuyo trazado debería cumplir, entendemos, dos requisitos: por un lado deben ser curvas planas, pues su proyección en planta es un nervio recto, y por otro lado deben intersectar con todos los cruceros menores a la altura correspondiente. Dadas estas circunstancias, el resultado final no es un intradós esférico, sino una superficie curva pseudo-esférica.

Podemos concluir que la geometría de la bóveda por cruceros del presbiterio de El Salvador no se ajusta a una superficie esférica. Se ha indicado anteriormente que existen estudios donde se proponen tipologías geométricas para las bóvedas por cruceros. Sin embargo se ha comprobado que ninguna de estas tipologías parece ajustarse a las características formales de la bóveda que nos ocupa. Por este motivo pensamos que la bóveda por cruceros de El Salvador presenta una geometría singular, quizá única en todo el ámbito ibérico, y nos parece relevante profundizar en su estudio.

SIMILITUDES Y DIFERENCIAS CON LA 'CAPILLA PERLONGADA POR CRUCEROS' DE VANDELVIRA

El manuscrito de Alonso de Vandelvira es el único texto de cantería del siglo XVI con trazas para las bóvedas por cruceros. Dada la singularidad de la geometría de la bóveda de El Salvador, consideramos importante realizar un estudio comparado entre dicha bóveda y las trazas del manuscrito. De esta manera podremos analizar las similitudes y diferencias entre ambas dentro del proceso de ideación formal e identificar los aspectos que la hacen peculiar. De todas las bóvedas por cruceros que expone Vandelvira, la que más se asemeja a la de El Salvador es la que se presenta bajo el título de 'capilla perlongada por cruceros' (ca.1585, f. 99r) (fig.6). Y es la más parecida por tres motivos: en primer lugar porque, evidentemente, es una bóveda que se resuelve por cruceros, es decir, por nervios cruzados; en segundo lugar porque su planta es rectangular; y en tercer y último lugar, porque los nervios se disponen ortogonalmente entre sí y son paralelos a los lados de la planta.

La primera diferencia apreciable entre estas trazas y la bóveda de El Salvador es el número y disposición de los nervios. En ambos casos primero se traza una circunferencia circunscrita a la planta y se divide en varias partes para establecer la posición de los cruceros en planta. En El Salvador se divide en 9 y 7 partes los arcos de la circunferencia mayor y menor respectivamente, para situar los 9 cruceros transversales y los 7 cruceros longitudinales. Por su parte, Vandelvira únicamente divide un tramo de la circunferencia circunscrita y traslada las divisiones a través de la diagonal de la planta para obtener el mismo número de cruceros en sentido longitudinal y transversal. Es posible que no quiera complicar las trazas más de lo necesario y por eso emplee las divisiones de un lado para disponer los cruceros en las dos direcciones. Pero, si por cualquier motivo fuera deseable dividir la bóveda con un número diferente de cruceros en cada sentido, la estrategia a seguir sería, probablemente, la llevada a cabo en el presbiterio de El Salvador.

A continuación comienza el proceso para trazar las curvaturas de los cruceros. Vandelvira va a emplear directrices circulares para todos los cruceros, lo que simplifica el trazado y da lugar a una bóveda de intradós esférico. Para dibujar las directrices utiliza la mitad de un alzado en la parte superior izquierda de la planta; la otra mitad es innecesaria pues entiende que la bóveda va a ser simétrica. En este alzado parcial se entremezclan diferentes directrices circulares de los cruceros mayores y los menores. Es decir, se superponen dos alzados que en principio podríamos pensar que son independientes. Pero la realidad es que están íntimamente ligados, pues recordemos que el crucero perimetral en un sentido nos debe de dar la altura, y por tanto el radio, de los cruceros interiores del otro sentido. Como vamos a ver a continuación, aunque esta superposición pueda hacer algo confusa la lectura del



trazado, el proceso es relativamente sencillo.

En primer lugar dibuja las dos directrices circulares de los cruceros perimetrales. Éstas son fáciles de localizar pues son los dos únicos arcos que trazan un cuarto de circunferencia completa y que nacen desde plano de arranque de la bóveda (la línea horizontal inferior del alzado). A continuación dibuja una serie de rectas verticales que representan la separación en planta entre cruceros de ambos sentidos. Vandelvira denomina con la letra D a las verticales que marcan la separación entre los cruceros menores. Estas verticales D suben directamente desde la planta, pues existe correspondencia con el alzado. Y con la letra E denomina a las verticales que marcan la separación entre los cruceros mayores. En este caso, al no existir correspondencia entre planta y alzado, mide las distancias en el lado menor y las traslada al alzado. Los puntos de intersección de las verticales D con la directriz circular del crucero perimetral mayor proporcionan la altura de arranque de los cruceros menores. Y las intersecciones de las verticales E con la directriz circular del crucero perimetral menor proporcionan la altura de arranque de los cruceros mayores. Todas estas intersecciones se trasladan horizontalmente hasta la vertical F en el lado izquierdo del alzado. Y por fin Vandelvira está en disposición de dibujar los arcos circulares que van a definir las directrices de todos los cruceros. Para los mayores utiliza el centro del crucero perimetral mayor y toma como radio la distancia desde dicho centro hasta cada una de las alturas marcadas en F correspondientes a cruceros mayores. Para los menores procede de igual manera: utiliza el centro del crucero perimetral menor y toma como radio la distancia desde dicho centro hasta cada una de las alturas marcadas en F correspondientes a los cruceros menores. Este proceso de diseño de las directrices de los cruceros da como resultado una bóveda baída.

En la bóveda del presbiterio de El Salvador existen algunas similitudes y diferencias respecto del comentado proceso de diseño de cruceros. En primer lugar, los perimetrales no son semicirculares, sino arcos de circunferencia rebajados. Esto provoca que la bóveda sea algo rebajada, aunque no tiene mayor importancia. En segundo lugar, los centros de estos cruceros perimetrales no están a la misma altura, sino que se disponen a cotas diferentes, cuestión que resulta clave en la geometría final, como a continuación veremos. Y en tercer lugar, el procedimiento empleado para obtener las alturas y curvaturas de los cruceros menores es exactamente el mismo, resultando unos nervios circulares. Sin embargo, los cruceros mayores ya no son circulares, por lo que el trazado de sus directrices debió de hacerse de otra manera. Identificadas las similitudes y diferencias, podemos indicar que la verdadera particularidad de la bóveda de El Salvador respecto de la propuesta que realiza Vandelvira en su 'capilla perlongada por cruceros' es el hecho de disponer a diferente altura el centro los cruceros perimetrales mayores y los menores. Este detalle es clave, pues implica que sólo vamos a poder diseñar cruceros circulares en un sentido. En El Salvador se decidió que los menores serían circulares. Los mayores, por tanto, no podían serlo, y entonces se diseñaron según una directriz curva que va intersecando, a la altura adecuada, a los menores. Todo el proceso culmina en una bóveda de intradós pseudo-esférico, como ya hemos indicado anteriormente.

CONSIDERACIONES SOBRE LA CONSTRUCCIÓN

¿Qué motivaciones pueden llevar a hacer una bóveda con una geometría tan peculiar? ¿No habría sido más sencillo hacer un intradós esférico con todos los cruceros circulares? Puede ser que a los canteros no les preocupara lo más mínimo el hecho de que los cruceros mayores tuvieran directrices de trazado complejo. Quizá estos cruceros se pueden ejecutar aun no conociendo exactamente que curva los define. Podría ser que el sistema empleado permitiera jugar con estos aspectos dentro de ciertos márgenes. Y que la bóveda adquiriese su geometría casi de forma natural, resultado del proceso constructivo. Pensamos que las respuestas a estas preguntas se pueden obtener de las trazas expuestas por Alonso de Vandelvira para la 'capilla perlongada por cruceros' (ca.1585, f. 99r) (fig.6), concretamente en las partes a las que todavía no hemos hecho referencia y que tratan sobre la orientación de los cruceros, su despiece y la obtención de sus plantillas.

Existen dos posibilidades de orientación de la sección de los cruceros. Cuando su sección se orienta según la vertical independientemente de su posición, estamos ante el caso de 'cruceros revirados'; esta opción se presenta en la parte inferior derecha de las trazas. La otra posibilidad es que las secciones de los cruceros se orienten hacia el centro de la bóveda, en cuyo caso hablamos de 'cruceros cuadrados'; esta opción la podemos ver en la parte superior izquierda de las trazas y es la que se emplea en la bóveda del presbiterio de El Salvador. Una vez decidida la sección del crucero, estamos en disposición de obtener las plantillas de intradós necesarias para labrar sus dovelas. Vandelvira entiende que la bóveda por cruceros tiene intradós esférico y, por tanto, que cada crucero es como una hilada redonda vertical de esa superficie esférica. Entonces, para obtener las plantillas de intradós de las dovelas de un crucero, empleará la técnica de desarrollo de conos. Recordemos que esta técnica consiste en asemejar el intradós esférico de una hilada (en este caso un crucero) a un tronco de cono, susceptible de desarrollarse sobre un plano para obtener las plantillas de intradós (Palacios [1990] 2003 pp.188-195; Rabasa 1996; Rabasa 2000 pp.160-183). En las trazas, en la parte superior izquierda de la planta, podemos ver el desarrollo parcial del intradós de un crucero cuadrado, con las plantillas para 3 crucetas (numeradas del 1 al 3). Vandelvira diseña una bóveda donde los cruceros se despiezan por sus puntos medios entre sus intersecciones. El resultado es una bóveda compuesta únicamente por 'crucetas', es decir, piezas de cuatro brazos sobre las que posteriormente se disponen los casetones. Estas crucetas se tocan unas con otras sin necesidad de dovelas intermedias. Sin embargo en El Salvador los cruceros no se componen

Únicamente de crucetas, sino que aparecen tramos de nervio propiamente dicho entre crucetas contiguas. En cualquier caso, no parece que el hecho de disponer estas dovelas intermedias suponga un problema.

Explicada la estrategia de Vandelvira para obtener las plantillas y sabiendo que en El Salvador existen unas dovelas intermedias, podemos plantear un posible proceso constructivo de los cruceros. Los menores pueden ejecutarse al completo sin ningún problema, pues sus directrices son circulares y, por tanto, pueden asemejarse a un tronco de cono cuyo desarrollo nos permitirá obtener las plantillas de intradós con las que labrar las crucetas y las correspondientes dovelas intermedias. Para los cruceros mayores, que no tienen directriz circular, no es posible aplicar la técnica de desarrollo de conos, de forma que no podemos obtener sus plantillas de intradós. Es bastante probable que el maestro cantero no conozca con exactitud la curvatura que debe tener cada crucero mayor, pero podría ser que tampoco le importe demasiado, como ahora veremos. Los cruceros mayores se componen, al igual que los menores, de crucetas y dovelas intermedias. Sin embargo, las crucetas son piezas que pertenecen simultáneamente a dos cruceros (uno menor y otro mayor) de manera que todas quedan definidas en el proceso de ejecución de los cruceros menores. Por tanto, para completar los cruceros mayores tan sólo faltaría labrar sus dovelas intermedias, cuya sección será la misma que la empleada en el resto de nervios, y cuya curvatura será la necesaria para poder relacionar adecuadamente las correspondientes crucetas contiguas, que ya están fijadas en posición y altura gracias a los cruceros menores. Bajo esta hipótesis, la geometría de los cruceros mayores, a priori desconocida, surge como resultado del propio proceso constructivo. Y sus dovelas intermedias cobran especial importancia pues son las que materializan la relación entre crucetas y, en definitiva, las que permiten construir los cruceros mayores, aunque éstos sean complejas nervaduras curvas.

CONCLUSIONES

En este estudio se ha realizado un levantamiento tridimensional, mediante estación total láser, de la bóveda por cruceros del presbiterio de la iglesia parroquial de El Salvador, en Caravaca de la Cruz (Murcia). El análisis geométrico de este levantamiento muestra que el intradós de la bóveda no es esférico, como podría parecer a simple vista. Sabemos, por varios estudios, que las bóvedas por cruceros están sujetas a una casuística geométrica especialmente amplia, sin embargo la bóveda de El Salvador presenta unas características singulares que impiden su clasificación dentro de las tipologías establecidas en dichos estudios. Por este motivo se ha realizado un análisis más amplio del posible proceso de ideación formal de la bóveda, fundamentalmente de los nervios o cruceros, comparándola con las trazas del único manuscrito de cantería del siglo XVI que presenta trazas para este tipo de construcciones. Este estudio comparado ha permitido identificar el aspecto fundamental, en nuestra opinión, que diferencia y singulariza la bóveda de El Salvador y por el cual el intradós resultante es una superficie pseudo-esférica. Finalmente se han realizado algunas consideraciones sobre el posible proceso constructivo de la bóveda, prestando especial atención a la ejecución de los cruceros menores circulares y los mayores definidos según curvas de geometría compleja.

NOTA

Este trabajo se inscribe en el proyecto de investigación 'Construcción en piedra de cantería en los ámbitos mediterráneo y atlántico (2)' (BIA2009-14350-C02-02) del Plan Nacional de I+D+i del Ministerio de Economía y Competitividad. Agradecemos al párroco de El Salvador de Caravaca de la Cruz las facilidades dadas para realizar este estudio y a Indalecio Pozo que compartiera con nosotros su profundo conocimiento sobre la historia constructiva de la iglesia.





Fig 1. (Izquierda) Iglesia parroquial de El Salvador, en Caravaca de la Cruz (Murcia). 2011. (Derecha) Sección longitudinal de la iglesia. 1989. Gutiérrez-Cortines (p.301).

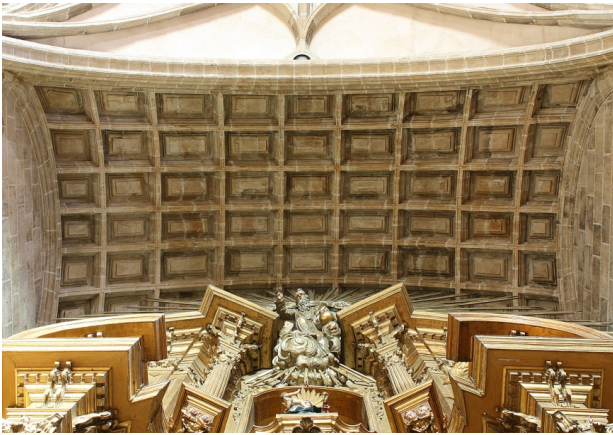


Fig 2. Vista del intradós de la bóveda del presbiterio. 2011.

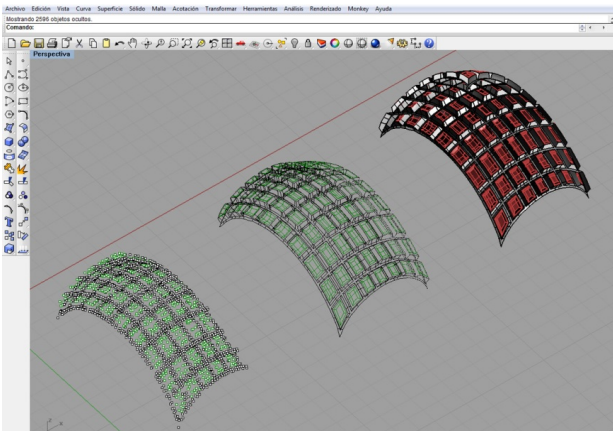


Fig 3. Proceso de modelado tridimensional del intradós de la bóveda. 2012.

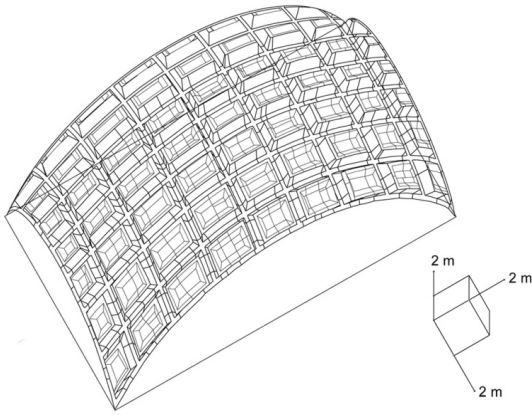


Fig 4. Perspectiva militar cenital del intradós de la bóveda. 2012.

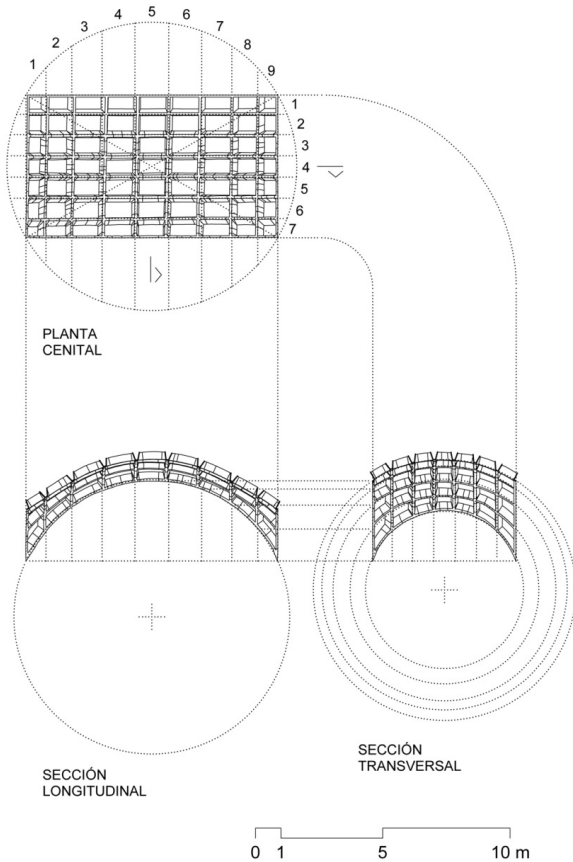


Fig 5. Planta cenital, sección longitudinal y transversal del intradós de la bóveda (sin casetones). 2012.



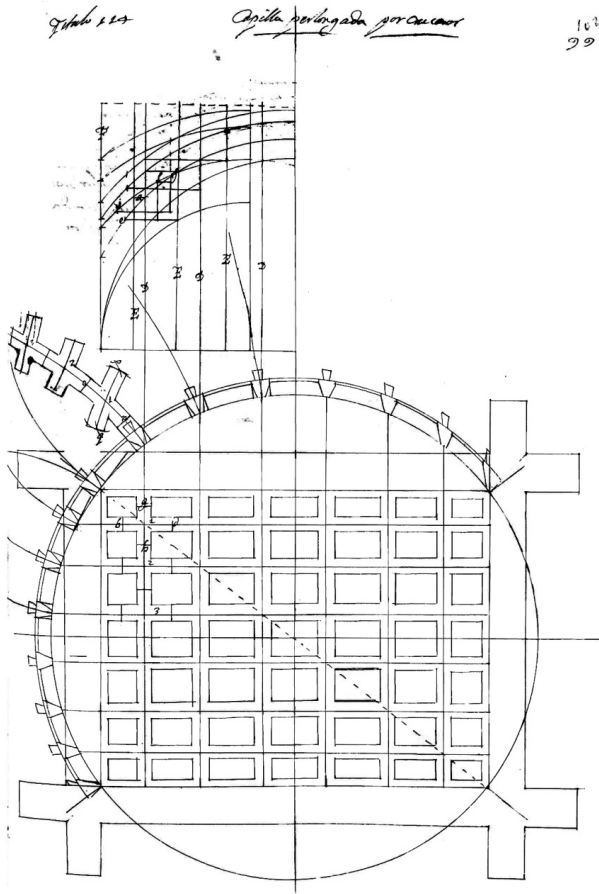


Fig 6. Trazas para la 'capilla perlongada por cruceros'. Ca.1585. Alonso de Vandelvira.

Referencias bibliográficas

Bravo Guerrero, S. C. 2009. Bóvedas cuadradas por cruceros en España y México. *Actas del VI Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, pp.235-242. Instituto Juan de Herrera, Madrid.

Bravo Guerrero, S. C. 2011. Bóvedas por cruceros. Clasificación geométrica. *Actas del VII Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, pp.161-167. Instituto Juan de Herrera, Madrid.

Gutiérrez-Cortines Corral, C. 1989. *Renacimiento y arquitectura religiosa en la antigua diócesis de Cartagena (Reyno de Murcia, Gobernación de Orihuela y Sierra del Segura)*. Murcia: Consejería de Cultura y Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Murcia.

Palacios Gonzalo, J. C. [1990] 2003. *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*. Madrid: Munilla-Lería. Ed.1º del Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Ministerio de Cultura, 1990.

Pozo Martínez, I. 2002. *La iglesia parroquial del Salvador, Caravaca (Murcia)*. Murgetana, Nº106, pp.37-67.

Rabasa Díaz, E. 1996. Técnicas góticas y renacentistas en el trazado y la talla de las bóvedas de crucería españolas del siglo XVI. *Actas del I Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, pp.423-434. Instituto Juan de Herrera, Madrid.

Rabasa Díaz, E. 2000. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*. Madrid: Akal.

Vandelvira, A. d. ca.1585. *Libro de traças de cortes de piedras*. Madrid: Biblioteca de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid. Edición facsimilar con introducción, notas, variantes y glosario hispano-francés de arquitectura: Barbé-Coquelin de Lisle, G. 1977. *Tratado de arquitectura de Alonso de Vandelvira*. Caja Provincial de Ahorros, Albacete.

BÓVEDAS DE LA IGLESIA DEL COLEGIO-SEMINARIO DE CORPUS CRISTI DE VALENCIA

Juan Carlos NAVARRO FAJARDO
Luís PALMERO IGLESIAS
Jorge Francisco MARTÍNEZ PIQUERAS

Universidad Politécnica de Valencia
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica, Departamento de Construcciones Arquitectónicas e
Instituto de Restauración del Patrimonio

ABSTRACT

One of the monuments studied within the project of research "Plans and elevations of architecture. The Valencian Renaissance vaults" has been the Seminary-School of Corpus Crísti of Valencia, built on the initiative of Archpriest Ribera. The main units of the College are a cloister double-decker, of great relevance in the Renaissance architecture and the Church, which will be the subject of our study.

The Church of the College of the Patriarca, and a single nave with chapels between buttresses, closes with simple vaults in each of its sections, and rise a magnificent dome in the cruise. This paper extends deeply the study of the vaulted elements' design and its significance will be highlighted in the panorama of the Valencian architecture.

INTRODUCCIÓN

El Colegio de Corpus Christi de Valencia, conocido popularmente como "Colegio del Patriarca", debe este nombre a su fundador Juan de Ribera, prelado de Valencia desde 1569 hasta su muerte en 1611, virrey de 1601 a 1604, y también patriarca de Antioquia. La creación del Colegio obedece al impulso personal del propio Patriarca Juan de Ribera (1532-1611), que quiso dedicar toda su fortuna a la erección y mantenimiento de un colegio-seminario donde pudieran formarse sacerdotes ejemplares y donde la Eucaristía y el culto divino pudieran ser exaltados permanentemente (Benito 1995, p.15). Su dedicación a la construcción fue absoluta y al respecto Don Miguel de Espinosa, obispo auxiliar del Patriarca y rector del Colegio-seminario, expresó en su día: "no hubo contrata que se hiciera sin la supervisión de este obispo" (Benito 1995, p. 35).

De las distintas dependencias que articulan el conjunto destacan por su lenguaje plenamente renacentista el claustro, la iglesia y las diferentes portadas que son tomadas directamente de las láminas de Serlio o Vignola, a la vez que resaltan otros elementos de la más rica tradición vernácula, como la escalera principal de "voltes", donde la estereotomía de la piedra se manifiesta en todo su esplendor. El arcipreste Ribera tuvo frecuentes contactos con Italia (Génova, Milán, Nápoles y Roma) y además en la biblioteca del Colegio se conserva el "Livre d'Architecture" de Jacques Andronet du Cerdeau (París, 1559), muestras que ponen de relieve la cultura y formación arquitectónica del arcipreste (Benito 1995, p. 33).

A finales del siglo XVI la arquitectura valenciana había asimilado plenamente el lenguaje renacentista. Los órdenes y las proporciones fijados en los tratados de arquitectura de Vitruvio, Alberti o Serlio, habían calado en la mentalidad de los artífices de las construcciones. Además se había conseguido integrar los elementos propios de la arquitectura valenciana, como los sistemas abovedados de ladrillo tabicado, o la declinación de la estereotomía moderna, en el sistema del clasicismo italiano.

En la carta de fundación del Colegio, fechada en 1583, ya se mencionaba la "traça y designó" que se mandaría hacer para la construcción, por lo que se puede inferir que en 1586, año en que se coloca la primera piedra, o en 1590, año en que se comienza la capilla, ya estaría realizada.

Debemos destacar que la capilla (Fig. 1) está considerada la pieza más cuidada del Colegio. Su tamaño, no excesivo, refleja perfectamente la idea preconcebida de su fundador: "... nuestra intención haya sido fabricar capilla en esta nuestra casa, y no iglesia; como parece en ser el edificio pequeño, y no tan capaz como se requería para iglesia parrochial, y menos Colegial..."

El arquitecto con el que se capituló la fábrica de la iglesia fue el maestro Guillem del Rey, comprometiéndose a levantarla en 4 años (1590-1594), experto cantero en llevar a efecto las trazas de otros maestros. Curiosamente en las capitulaciones de la fábrica de la capilla, un maestro llamado Gaspar Gregori es nombrado supervisor de las obras de cantería del templo. Gregori es el arquitecto valenciano más destacado de la segunda mitad del siglo XVI. Activo entre 1542 y 1592, había trabajado para el Patriarca Ribera en varias ocasiones y sobre todo en las trazas de la iglesia del Salvador de Cocentaina en 1576. Ejerció de carpintero (fuster) y entallador, pero sobre todo de tracista, dedicándose tanto a obras civiles como religiosas o hidráulicas. Construyó las obras más importantes de la segunda mitad de siglo: reconstrucción del Hospital General, la Obra Nova de la Catedral con la conocida Serliana, la



reconstrucción del Torreón de la Generalitat, la Casa de Armas o la Casa de Derechos (Bérchez 1995, p. 158).

Toda esta serie de relaciones ha dado pie a pensar que el autor de la trazas de la capilla pudiera haber sido el maestro Gaspar Gregori, no obstante existe otra hipótesis fundada en que el Patriarca contara con el pintor Bartolomé Matarana para "hacer las traças que se le pidieran para cualquier edificio", cobrando fuerza la hipótesis de que el pintor y también tracista Bartolomé Matarana fuese el autor de la traza general de la capilla. Trazas que no se conserva en el archivo del Colegio y que por ahora no se ha llegado a encontrar en otro lugar (Benito 1981, p. 34).

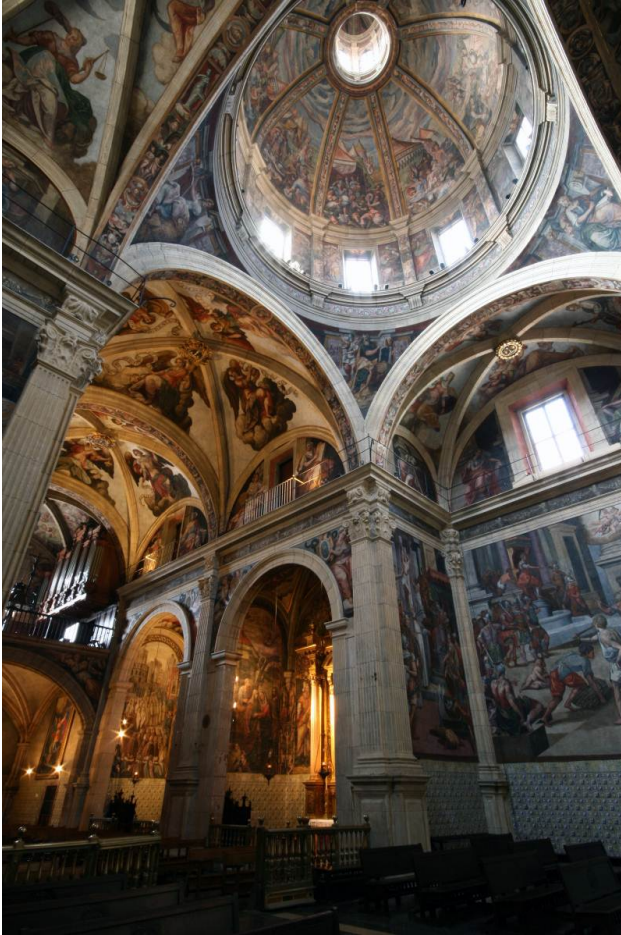


Fig. 1. Interior de la iglesia del Colegio del Patriarca. 2012. Fuente propia.

Aunque a ciencia cierta no se sabe qué maestro materializó las trazas de la capilla, estas sí que debieron existir, ya que en la contrata que se hizo de la capilla por parte del obispo Espinosa, mano derecha del arzobispo Ribera, con Guillem del Rey se alude "a una traça hecha para dicho lugar". En el contrato se preveía acabar las obras en 1594, pero la cúpula se cerró un año después, pues existe un pago de 12 libras por "un modelo de madera que se hizo para el cimborio de la iglesia del collegio" (Benito 1981, p. 28).

UNA NUEVA CONCEPCIÓN DE LA ARQUITECTURA

La distribución de la planta de la iglesia se realiza con una sola nave, ancha y corta, en forma de cruz latina, cúpula con cimborio y linterna en la intersección de los brazos del crucero, y dos capillas, de las llamadas fornículas, abiertas por amplias arcadas de medio punto a cada lado correspondiendo a sus dos tramos. Un tercer tramo se reserva para el coro alto a los pies. La capilla mayor se resuelve con cabecera plana, de corte escurialense, olvidándose de las trazas poligonales al uso.

Esta composición arquitectónica supone un esquema íntegramente nuevo, tanto en planta como en alzado, en el aspecto estilístico y en la decoración, que poco tiene que ver con los modelos contemporáneos valencianos y que se inspira sin duda en la arquitectura de influencia romana de la época. La estructura compositiva de la capilla servirá de referencia a las iglesias posteriores del Barroco. En el plano estilístico más de un especialista ha visto en este modelo referencias con la obra escurialense.

La arquitectura de la capilla se pronuncia dejando la piedra estructural vista, de manera que todas las pilastras, arcos, entablamentos, nervaduras y anillos de la cúpula, quedan sin revestir ofreciendo su limpio despiece de cantería para enmarcar los frescos de Bartolomé Matarana. La estructura de piedra sigue el orden corintio, con pilastras estriadas sobre pedestales altos y arcos amplios de medio punto en el orden mayor, y un sobrio dórico toscano en el menor donde descansan los arcos de embocadura de las capillas.

Siempre se ha puesto de manifiesto la distinta utilización de los capiteles corintios, que cambian de diseño según se sitúen en la capilla mayor y el tramo crucero, o en las pilastras de la nave. En los capiteles de la capilla mayor destaca en el centro del cimacio una cabecita de ángel y una grapa que une los caulículos centrales. Cabeza y grapa son recursos de los denominados capiteles itálicos por Diego de Sagredo. El otro tipo, el de la nave, es un orden corintio más ortodoxo que está tomado del modelo del Panteón de Roma que Serlio recoge en su tratado como arquetipo del orden corintio. Un modelo similar lo describe Miguel de Urrea en la traducción de Vitruvio de 1582 (Benito 1995, p. 47). El entablamento se adapta a los capiteles en la parte del arquitrabe y del friso con la disposición de resaltes en la vertical de cada pilastra. El arquitrabe mantiene su sección en el saliente, y el friso se transforma en una ménsula con una hoja en forma de ese. La cornisa, sin salientes, mantiene la continuidad y cierra el entablamento de toda la capilla. Sobre la cornisa y encima de cada capilla lateral se eleva un balcón o tribuna.

A los pies de la capilla se sitúa el coro sobre una bóveda de crucería de perfil escarzano. Destaca en este espacio el gran ventanal, tal vez desproporcionado, que abre el muro permitiendo la iluminación de todo el templo. El alzado del sotacoro resalta por el original modo de ordenar las pilastra y retropilastras, con diseño y proporciones de corte manierista.

La historiografía más reciente ha calificado la capilla del Colegio como el conjunto más unitario y acabado de todas las iglesias de la diócesis y también su fama ha llegado a convertirla en uno de los mejores ejemplares de España (Benito 1995, p. 49). No en vano, uno de sus principales valores es el de conservarse tal y como fue concebida, sin haber sufrido apenas alteraciones relevantes en sus más de 400 años de existencia.

El nuevo modelo eclesial rompe con los rasgos característicos de la tipología medieval de iglesia parroquial. La arquitectura de la capilla se pudo derivar de las pautas contrarreformistas contenidas en las Instituciones fabricae... (Milán, 1577), de Carlos Borromeo, que aplicaba a la arquitectura las directrices del Concilio de Trento. Esta obra se encontraba en la biblioteca del Patriarca y con toda seguridad orientó la imagen del Colegio (Borromeo 1577).

El fundador del Colegio quiso convertir su capilla en una homilía visual con las pinturas al fresco de Bartolomé Matarana, un vasto e interesante programa iconográfico, la espina dorsal del cual es la referencia al misterio de la Encarnación del Verbo y la redención como acontecimiento central de la historia. Las pinturas se ejecutan entre 1597 y 1605 por el propio pintor italiano y un equipo de ayudantes de 12 personas (Benito Goerlich 2006, p. 73). El encargo consistió en revestir completamente las paredes de la capilla-iglesia del Colegio de extensos murales a la italiana, con una magnitud y complejidad que no tiene antecedente ni parangón en el arte valenciano y que suponen el modelo ideal de la nueva iglesia parroquial reformada. Benito Goerlich, entre otros autores, apunta como antecedente la conocida Capilla Sextina de Miguel Ángel y los frescos pintados por Rafael en la Signatura de Heliodoro del palacio apostólico vaticano (Benito Goerlich 2006, p. 71).

OBJETIVOS

El objetivo de nuestro trabajo ha sido definir, con la mayor precisión posible, la forma global de las bóvedas, así como el despiece de sus dovelas, para posteriormente llegar a vislumbrar su proceso de diseño y construcción. La idea, pues, consiste en determinar las coordenadas de cualquier punto situado en la superficie de la bóveda objeto de estudio. Para ello se utiliza lo que se ha dado en llamar fotogrametría convergente, de fotos cruzadas o fotogrametría multiimagen. Estas acepciones identifican un sistema de fotogrametría gráfica con medios informáticos, que presenta grandes ventajas y pocos inconvenientes para la obtención de resultados satisfactorios en el levantamiento arquitectónico, y que se basa en el conocido principio de que "todo lo que podemos fotografiar lo podremos medir y dibujar".

El levantamiento gráfico precede al análisis compositivo y formal de las bóvedas, al considerar que el hecho de dibujar la arquitectura con sumo detalle es imprescindible para llegar a su máximo grado de comprensión. De este proceso de levantamiento y posterior análisis surgirán nuevas hipótesis que nos obligarán a su verificación. Partiendo de la base de que nuestro propósito será conseguir un levantamiento gráfico en el menor tiempo posible, por un coste mínimo de



medios personales, técnicos y materiales, y con un resultado final satisfactorio para nuestros fines e intereses.

Si tenemos presente que el proyecto de investigación en su conjunto lo componen decenas de espacios abovedados de todo el antiguo reino de Valencia, el trabajo debe buscar la eficiencia ante todo, renunciando a métodos más lentos y costosos. En esta ocasión, las pequeñas diferencias métricas derivadas de la aplicación del sistema no afectan en absoluto al posterior análisis formal de las bóvedas, ya que nuestro interés se centra más que nada en los principios reguladores de su geometría, dejando al margen otras cuestiones derivadas de la métrica perfecta. Pensemos que en muchos casos las dimensiones de los elementos, que previsiblemente han de ser regulares, se desvirtúan en el proceso de construcción, y por ejemplo un octógono regular, cuyos ocho lados han de tener la misma dimensión, en ocasiones ninguno de ellos se construye igual que los demás. Ejemplo paradigmático de tipo de irregularidad real es el caso del cimborrio de la catedral de Valencia que, aunque la voluntad del arquitecto era la de elevar en altura un ochavo perfecto sobre trompas, presenta notables diferencias entre sus ocho lados.

A continuación, de forma resumida, veremos con qué medios hemos contado y qué pasos se han seguido para conseguir formalizar de modo eficiente la realidad arquitectónica objeto del proyecto de investigación, aplicado todo ello al caso concreto de la iglesia del Colegio del Corpus Christi

METODOLOGÍA

Toma de datos mediante fotogrametría.

Instrumentación.

Cámara réflex digital Canon EOS 400 D, cámara réflex digital Canon EOS 50 D, objetivo zoom EF-S 18-55 mm., objetivo zoom EF-S 17-85 mm. IS, distanciómetro láser Leyca Disto D2, material vario: trípodes con nivel, flexómetros, niveles y reglas, y material propio de la toma de datos.

Procedimiento.

El trabajo se basa en la utilización de cámaras digitales montadas sobre trípode. En esta ocasión empleamos cámaras digitales réflex Canon EOS 400 D y EOS 50 D. Es importante conseguir la mayor nitidez posible en las fotografías, por lo que resulta imprescindible el uso del trípode y del disparador automático, o del temporizador de la cámara. La toma fotográfica la realizaremos desplazándonos en una trayectoria perimetral alrededor del objeto que pretendemos levantar, procurando que cada punto a referenciar esté contenido en al menos 5 fotografías. Posteriormente, en el ordenador, se orientarán las fotos, localizando los puntos comunes y la aplicación informática realizará los cálculos correspondientes para el cálculo del modelo. Por ejemplo, en el caso de la cúpula la toma de datos consta de 133 fotografías generales y 33 fotografías de detalle del casquete.

Además de la toma fotográfica, se realizan los croquis necesarios para practicar el levantamiento de manera tradicional. Mediante el distanciómetro láser se toman las medidas para luego poder escalar y orientar el modelo además de cotejar con el levantamiento fotogramétrico y detectar los posibles errores. El levantamiento manual directo, como técnica planimétrica de apoyo, nos va a servir para pasar a escala en Autocad y Rhinoceros, digitalizar los dibujos y, de ese modo, poder realizar una rápida comparación y análisis de la geometría.

La medición directa en este caso es la primera que se ha practicado y, dadas las dimensiones y forma de los elementos, se ha podido realizar sin gran dificultad. Se ha empleado un distanciómetro Leyca D2, y fundamentalmente ha servido para localizar las coordenadas de los puntos básicos de las bóvedas, el dimensionamiento de la planta, la posición de pilares, la situación de las cornisas y capiteles, el arranque de los arcos y aristas y la altura de las claves. La determinación de las curvas de las nevaduras y aristas, se llevará a efecto mediante la fotogrametría multiimagen con el empleo de la aplicación Photoscan y Rapidform XOR.

Trabajo de gabinete.

Instrumentación.

Ordenador Intel Pentium I7 870 a 2,93 GHz. 16 GB RAM. ATI Radeon 5870, aplicación Photoscan, aplicación Rapidform XOR, aplicación 3Ds Max 2010, aplicación AutoCAD 2010 y aplicación Rhinoceros 4.

Procedimiento.

En primer lugar cargaremos las fotografías en el programa Photoscan, sin realizar ninguna operación previa sobre ellas. Dentro del programa ya podremos efectuar los giros y modificaciones necesarias para poder trabajar con las mismas y efectuar la selección de áreas de trabajo, donde indicaremos al programa que partes no son relevantes o pueden ocasionar errores, como zonas sobreexpuestas, elementos en movimiento, etc., siendo necesaria su eliminación del cálculo. La orientación de las fotografías se realiza de forma automática, y la precisión vendrá dada por el número de puntos que le indiquemos buscar a la aplicación. Aquí entran en juego varios factores: el número de píxeles de la fotografía, la calidad fotográfica y la textura del objeto.

Cuanto más alto sean estos valores mayor número de puntos homólogos podrá encontrar el programa, aumentando así la precisión final del modelo.

Una vez orientadas las fotografías el programa nos mostrara una nube de los puntos homólogos con la ubicación de las cámaras. A partir de aquí, si todo ha sido correcto, procederemos al cálculo de la malla. Para ello, primero seleccionaremos el área a modelar y posteriormente indicaremos al programa el número de píxeles a utilizar por cada fotografía y finalmente escalaremos y orientaremos el modelo.

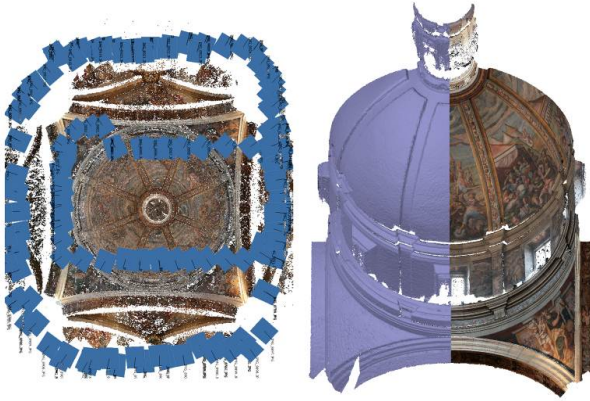


Fig. 2. Cúpula de la iglesia del Patriarca. Captura de pantalla Photoscan. Alineación y modelo 3D. 2012. Fuente propia

A nivel estadístico, en el caso de la cúpula se han tomado 169 fotografías (133 generales y 36 de detalle), se ha calculado la orientación de las cámaras con una media de 60.000 puntos por fotografía obteniendo una nube de puntos de 846.675 unidades. El cálculo de la malla se ha realizado en calidad alta, utilizando aproximadamente el 80% de los píxeles de cada fotografía, obteniendo un modelo de 59.583.253 polígonos que se ha decimado a 8.000.000 de polígonos para poder trabajar correctamente con él (Fig. 2).

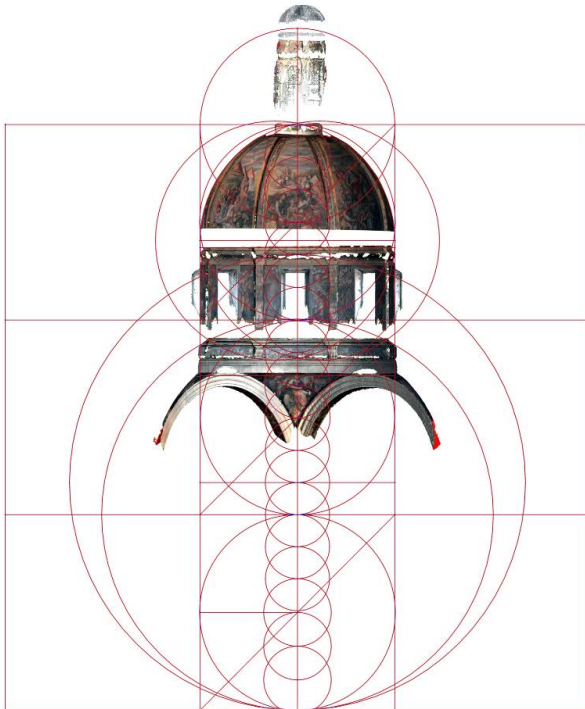


Fig. 3. Modelo 3D. Trazados reguladores. 2012. Fuente propia



El resultado lo exportaremos a Rapidform XOR, donde se procederá al tratamiento de la malla, y mediante la orden de "Global Remesh" homogeneizaremos el tamaño de los polígonos y posteriormente limpiaremos la malla de elementos sueltos y bordes afilados. Una vez depurada la malla, dentro del mismo programa, procederemos a sacar las secciones necesarias que definan la geometría del modelo que posteriormente analizaremos e idealizaremos con AutoCAD y Rhinoceros (Fig. 3).

LAS BÓVEDAS

Sobre las bóvedas de la capilla del Colegio del Patriarca se han escrito varias descripciones formales que, de manera un tanto peculiar, las definen del siguiente modo:

"El cerramiento, influido por la práctica local, emplea bóvedas hinchadas con nervaduras y la instalación de tribunas o balcones sobre las cuatro capillas laterales y un coro alto a los pies sobre las entrada" (Benito Goerlich 2006, p. 72).

"La iglesia se cubre mediante bóvedas de arista (sic) reforzada por nervios en cada tramo, separándose los tramos por arcos fajones simples de medio punto. Las capillas laterales también se cubren con bóvedas del mismo tipo. El empleo de este sistema de cubrición, retardatorio en estas fechas, pudo estar motivado por la tradicional usanza constructiva de la arquitectura valenciana" (Benito y Bérchez 1982, p. 167).

Sin embargo, la realidad es que los tramos de la nave y el de la cabecera, de planta perlongada, se cierran mediante aparentes bóvedas de crucería simple, dándose la circunstancia de que las plementerías se ajustan perfectamente a la traza de la bóveda baidada, formando un casquete esférico de ladrillo tabicado. En esta ocasión las nervaduras pétreas de los diagonales, que son arcos de punto normal, únicamente sirven de decoración, ya que la propia calota tiene función autoportante. Resulta sumamente curioso que se trate de "disfrazar" una bóveda baidada con los clásicos nervios cruceros de tradición gótica. Da la sensación de que la superficie esférica, totalmente desnuda, no fuese suficiente para el decoro exigido al maestro, y requiriese del valor añadido de los baquetones góticos para una mayor prestancia de la bóveda. La técnica tabicada se disimula a favor de la expresión rotunda de la cantería, que en el fondo genera una bóveda de corte clasicista.

Hasta esas fechas, en Valencia, el interior de una iglesia no se había cubierto con bóvedas baidadas, que sin embargo sí habían sido empleadas años antes para cerrar las naves del antiguo Hospital General de Valencia, reconstruidas por el maestro Gaspar Gregori, al que se le atribuyen también, como hemos visto con ciertas reservas, las trazas de esta iglesia, lo que vendría a reforzar esta hipótesis.

Por otra parte, las capillas laterales se cubren con bóvedas de crucería simple con nervaduras pétreas y plementos de ladrillo tabicado, que también servirán de lienzos cóncavos a los frescos de Matarana. Lo que sí resulta singular es su abombamiento o rampante redondo con impronta también clasicista, que las aproxima a las bóvedas aristadas de tradición medieval valenciana (Navarro 2006), que se rigen por la traza de doble curvatura progresiva (Navarro 2010, pp. 247-255). De ahí la apreciación de Fernando Benito al decir que se trata de una bóveda "de arista" que se ha visto reforzada con por nervaduras de piedra, que además retoma los viejos sistemas constructivos de la arquitectura autóctona.



Fig. 4. Iglesia del Patriarca. Cenital de la cúpula. 2012. Fuente propia

El elemento arquitectónico más novedoso de la capilla es, sin duda alguna, la cúpula elevada sobre la intersección del crucero (Fig. 4), a manera de linterna principal, constituye una auténtica novedad en los modos

de cerramiento abovedados de la arquitectura valenciana. Esta media naranja sobre pechinas se monta sobre tambor cilíndrico de intradós ochavado con nervaduras que nacen de pilastras, que a su vez apoyan sobre rútolos situados en los anillos del tambor. La calota tiene traza normal, ligeramente peraltada. En cada uno de los ocho entrepaños se abre una gran ventana adintelada que facilita la iluminación de la iglesia. El mismo sistema compositivo, a pequeña escala, se reproduce en la superficie de intradós de la linterna que remata la estructura.

Una peculiaridad de la cúpula es que está construida toda de ladrillo. Dispone de 8 ventanas adinteladas separadas por otras tantas columnas adosadas a pilastras. La media naranja se cubre con tejas vidriadas. La esbelta linterna emplea pilastras de orden jónico, y sus ventanas, en igual número que el tambor de la cúpula se cierran en arco de medio punto. El casquete de la linterna también se cubre con tejas blancas y azules. Tormo llegó a decir de ella que es la más antigua de este tipo en Valencia (Benito 1995, p. 41). La cúpula es un evidente recuerdo escurialense, que aquí queda aligerado por el empleo del ladrillo, que servirá de modelo para multitud de posteriores cúpulas valencianas (Benito y Bérchez 1982, p. 167).

En términos generales las bóvedas de la nave y de las capillas de la iglesia del Patriarca responden al tradicional sistema de crucería simple heredado de la tradición gótica, solo que en este caso tienen unas peculiaridades que interesa señalar, ya que supondrán el inicio de un modelo de bóveda que se extenderá en sucesivos siglos por los dominios valencianos. El primer rasgo de estas bóvedas de crucería simple es su rampante redondo, con tendencia a la bóveda baida, que produce esos abombamientos en sus plementos. Otra particularidad se sitúa precisamente en las plementerías, que se resuelven con ladrillo tabicado, técnica constructiva de honda tradición en la arquitectura vernácula.

Las bóvedas de crucería simple se elevan por la conocida y sencilla monea de dos arcos de medio punto, que en este caso siguen siendo de fina cantería, que se cruzan en su punto medio donde emplazan las claves. Cada tramo se separa del siguiente mediante arcos fajones de medio punto también, como es lógico, de dovelas pétreas. Los arcos formeros, embebidos en los muros son también de punto normal.

A partir del siglo XVI se imponen las formas renacentistas, o molduras "al romano", en la labra de las nervaduras. Aunque se siguen cubriendo los espacios mediante la tradicional bóveda de crucería, eso sí, con distinto rampante, las dovelas se diseñan con secciones cuadrangulares o rasas que se aproximan a veces a la yuxtaposición dorsal de dos arquivoltas con medias cañas, fascias y 'papos de paloma' (golas). Testimonio de esta tendencia del diseño de nervaduras se tiene en Valencia, en la construcción de la iglesia de la Compañía (1595), coetánea con la iglesia del Patriarca. '...cruceiros an de ser labrados de un arquivolta a la una parte y a la otra, haciendo una llave en medio de dichos cruceiros...' (Pingarrón 1986, p. 30). Sin embargo, no faltan casos de secciones triangulares que, a diferencia de las de siglos anteriores, se plagan de multitud de pequeñas molduras concavo-convexas para configurar la sección del nervio.



Fig. 5. Clave de coro de la iglesia del Patriarca. 2012. Fuente propia

Ya hemos dicho que los nervios de la estructura abovedada son de cantería, que se dejan vistos y sin revestir para apreciar su finísima labra. Las secciones de los arcos fajones responden al clásico esquema de yuxtaposición dorsal de dos arquivoltas, que se singularizan en los arcos de cabeza de las capillas y del coro con dos molduras cóncavas en el dorso del nervio. Los cruceiros y formeros emplean plantillas del mismo tipo pero de tamaño más reducido, siendo más esbeltas las de las capillas y las del coro. Curiosamente, las molduras de los nervios de la iglesia del Colegio del Patriarca en Valencia reproducen, pocos años después, unas plantillas de similares



características a las de la parroquial de Villafranca del Cid en Castellón. Estas nervaduras rompen con las tradicionales secciones góticas basadas en el baquetón en cabeza, la media caña y el bocel. Todas ellas son planas, rasgo que las caracteriza como propias del renacimiento valenciano. Sobre la evolución de las plantillas y escanfillones de las nervaduras de bóvedas góticas en el antiguo Reino de Valencia se puede consultar el trabajo de Navarro (2006).

Todas las claves del templo se decoran con torteras adosadas con la representación del escudo parlante que eligió el arzobispo, consistente en un cáliz del que emerge una hostia y dos braserillos ardiendo a cada lado, rodeado de una orla circular, que en el caso del coro es abrochada por las figuras de cuatro querubines, cuatro hojas de acanto y ocho puntas de flecha, y en los tramos de la nave y las capillas se bordea con cartelas de distintas facturas. Todo ello en alusión al misterio de la Eucaristía que está presente por todos los rincones del Colegio (Fig. 5).

Los enjarjes de las bóvedas responden a un tipo compacto, fundiéndose al máximo nivel posible los nervios concurrentes. Formeros, cruceros y perpiñanos nacen del balconcillo o tribuna superior a la cornisa del entablamento, dando perfecta continuidad al orden clásico de la pilastras inferiores. En el coro las jarjas concurren hasta el punto de facilitar la composición de los dos capiteles clásicos y sus correspondientes pilastras.

Las plementerías se cierran mediante fábrica de ladrillo tabicado, que posteriormente se revestirán con los conocidos frescos del pintor genovés Bartolomé Matarana (Fig. 6). En cuando a su disposición solo podemos especular, pero es más que probable que se disponga por arista simple, siguiendo las pautas de otros modelos de la arquitectura tabicada valenciana, entre las que cabe destacar las del claustro del convento de Santo Domingo de Valencia, construidas a principio del siglo XIV, que están consideradas de las primeras bóvedas tabicadas del Reino de Valencia.

CONCLUSIÓN

En definitiva, la iglesia del Colegio del Patriarca de Valencia servirá de modelo o referente a los maestros constructores que eleven estructuras abovedadas en siglos posteriores. En este trabajo se ha profundizado en el estudio del diseño de los elementos abovedados que, siguiendo la tradición goticista en las crucerías simples, imponen nuevos trazados y nuevas monteas que se extenderán a otras iglesias parroquiales. También se ha puesto de relieve la trascendencia de la cúpula elevada sobre el crucero dentro del panorama de la arquitectura valenciana.



Fig. 6. Plementos de la nave de la iglesia del Patriarca. 2012. Fuente propia

NOTA

En el contexto del proyecto de investigación que lleva por título *Trazas y monteas de la arquitectura. Bóvedas del renacimiento valenciano*, del Plan Nacional de I+D+i (HAR2009-13684), financiado por el anterior Ministerio de Ciencia e Innovación, se están realizando los levantamientos de las bóvedas más significativas de este episodio de la arquitectura valenciana. Uno de los monumentos estudiados es el Colegio-seminario de Corpus Crísthí de Valencia, objeto de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Quisiéramos dar las gracias a D. Juan José Garrido Zaragoza, rector del Real Colegio-seminario de Corpus Christi de Valencia, que tan amablemente nos ha abierto las puertas de esta institución, permitiéndonos realizar la correspondiente toma de datos.

REFERENCIAS

Benito, F 1981, *La arquitectura del Colegio del Patriarca y sus artífices*, Ed. F. Domenech, S. A., Valencia.

Benito, F 1995, *Real Colegio y Museo del Patriarca*, Consell Valencià de Cultura, Valencia.

Bérchez, J 1995, "Real Colegio del Corpus Christi o del Patriarca (Valencia)", *Monumentos de la Comunidad Valenciana: Catálogo de Monumentos y conjuntos declarados o incoados*, Tomo X, Conselleria de Cultura, Valencia.

Borromeo, C 1577, *Institutiones fabricae, et supellectilis ecclesiasticae*, Milán (Biblioteca del Patriarca, signatura 578, tomo II).

Benito Goerlich, D 2006, "Parets que ensenyen. Els cicles pictòrics murals de Col·legi de Corpus Christi", *Domus Speciosa*, Universitat de València, Valencia.

Benito, F y Bérchez, J 1982, *Presència del Renaixement a València. Arquitectura i Pintura*, Conselleria de Cultura e Institució Alfons el Magnànim de la Diputació Provincial de Valencia, Valencia.

Navarro, J C 2006, *Bóvedas de la arquitectura gótica valenciana. Traza y monteá*, Publicacions de la Universitat de València, Valencia.

Navarro, J C 2010, "La Lonja de Valencia a la luz de las trazas de monteá", *Arché*, nº 4-5, Instituto de Restauración del Patrimonio de la Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, pp. 247-255.

Pingaron, F, 1986, "A propósito de la arquitectura de la primitiva iglesia de la Compañía de Jesús en Valencia", *Archivo de Arte Valenciano*, LXVII, Valencia.



Juan Carlos NAVARRO FAJARDO

Universidad Politécnica de Valencia
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica
Instituto de Restauración del Patrimonio

ABSTRACT

Graphic uprisings of the most significant Renaissance vaults of the former Kingdom of Valencia has been using Photogrammetry systems. This catalogue has provided us with valuable data on the evolution of the overall design of the vaults, its set regulators, its geometry, and in particular of its ribs. In this paper we intend to analyze its forms and observe the evolutionary process of these stone ribs to reach models and most frequent types executed at the end of the 15th century and during the 16th century in the Valencian field.

INTRODUCCIÓN

Los arcos que forman parte de una bóveda de crucería simple, no necesariamente todos, son los siguientes. Los protagonistas sin duda alguna son los cruceros, diagonales u ojivos, con cualquiera de estas denominaciones podemos encontrarnos para definir los arcos principales de una crucería nervada. Paradójicamente, estos arcos esenciales en las crucerías góticas no son de traza apuntada, la mayor parte de las veces son de medio punto o punto normal en el argot. Por otra parte, en el sentido transversal de la nave, se alzan los arcos perpiños que, hasta el siglo XVI, se trazan mayoritariamente con formas apuntadas. Y por último los formeros, formaletes o formas. Cualquiera de estos nombres sirve para identificar los arcos que se elevan paralelos al eje longitudinal de la nave y que no siempre se resaltan con la correspondiente molturación, por lo menos en el ámbito valenciano donde, quizá por economía de medios, se mantiene tan solo su línea de trazado en el muro. En algunos casos la crucería simple puede desplegar también ligaduras, que son nervios de carácter secundario que unen la clave polar con las claves de cabeza (perpiños y formeros). Robert Mark (2002, pp. 131-148) realiza un interesante estudio sobre el diseño de las estructuras en la arquitectura gótica y analiza los tipos de arcos, los arbotantes e incluso las peculiaridades de las 'iglesias salón'.

346

Con la aparición del arco tercelete la bóveda de crucería se complica, y con ello se aumenta el número de nervaduras en dos tipos más. De modo que las bóvedas de crucería estrellada con cinco claves dispondrán generalmente, además de cruceros, perpiños y formeros, de ligaduras y de terceletes. Las ligaduras son en este caso aquellos nervios secundarios que unen la clave polar con las de terceletes que, o bien tienen una traza de tendencia recta o, por el contrario, buscan el cintrel o curvatura de los arcos cruceros. Esta tendencia de las ligaduras dará como resultado el trazado de bóvedas de rampante llano o recto, propias del Gótico, por una parte, y por otra las de rampante curvo o redondo, que se montearán en el Renacimiento, aproximándose a los casquetes cupulados. Cuando las ligaduras adoptan formas curvadas y proliferan en planta, entrelazándose entre sí o con las nervaduras principales, reciben el nombre de combados, y forman complicadas tracerías propias del último periodo de la arquitectura gótica y sobre todo de las bóvedas de crucería de las naves renacentistas. Curiosamente la aplicación del nervio combado, como tal, en las crucerías valencianas es prácticamente inexistente en la arquitectura tardogótica, cuando de todos es conocida su utilización en el resto de la península. Tan solo conocemos unos combados de los denominados pies de gallo en una capilla, de principios del siglo XVI, de la iglesia parroquial de Utiel (Valencia) y los combados de la capilla mayor de la iglesia de Vistabella (Castellón), que son realmente excepcionales. Tampoco existen en el área valenciana cáireles, que son elementos decorativos de las nervaduras empleados en tierras germanas (Gómez 1998, p. 150), introducidos en la península por Juan de Colonia en la Cartuja de Miraflores (1454) en Burgos.

Y por otro lado están los terceletes, también considerados arcos secundarios, que nacen en los apoyos y mueren en las claves que llevan su nombre, y se levantan entre los cruceros y los de cabeza (perpiños y formeros). En la última época del Gótico su número aumenta, lo mismo que las ligaduras, dando como resultado la aludida tracería de complicadas nervaduras que dan lugar a variadas formas estrelladas, todo ello también poco abundante en el ámbito valenciano, aunque los existentes son de notable interés.

Para estudiar extensamente la evolución de los tipos de nervaduras de las crucerías en el antiguo Reino de Valencia, con referencias a cada una de las iglesias góticas, véase Navarro (2006). A continuación haremos una breve síntesis de ese recorrido histórico que nos conducirá a las nervaduras renacentistas.

LAS NERVADURAS DE TRADICIÓN ROMÁNICA

Tal vez de entre los perfiles más elementales de las crucerías góticas valencianas destaquen los de la sacristía vieja, cubierta en el siglo XIII, del monasterio de Santa María de la Pobra de Benifassà (Castellón), donde la

plantilla tan solo la forma un baquetón lanceolado y su base cuadrada. Igualmente, dentro de las nervaduras con reminiscencias románicas, se enmarcan las plantillas de los arcos de la cabecera de la iglesia del Salvador en Borriana (Castellón), del mismo siglo, formando los cruceros, la ligadura y los terceletes del ábside con recio baquetón de sección circular en cabeza, y pequeña media caña y bocel de unión con la base. Las nervaduras de las capillas absidiales se forman con la yuxtaposición de dos plantillas del anterior tipo. Debemos destacar que los perfiles de los nervios de las primeras ojivas anglo-normandas se diseñaban con grandes baquetones en cabeza, en algunos casos dobles, y alguna moldura de unión con la base (Aubert 1934, p. 34).

De las nervaduras más primitivas del gótico de la ciudad de Valencia destacan las secciones de los cruceros de la sacristía de la catedral, alzada dentro de la primera fase de su construcción en el siglo XIII; se compone de un simple baquetón de sección circular unido a la base mediante una cola a 45°. En las crucerías del transepto, capillas absidiales, nave mayor y colaterales, se mantiene el baquetón en cabeza, y lo que cambia es la unión con la base que se resuelve con un pequeño bocel. Este perfil es muy similar al empleado en las crucerías de la catedral de Lérida.

El ábside de la iglesia de San Juan del Hospital, abovedado en el siglo XIII, dispone de nervaduras con gran baquetón de sección circular en cabeza y un pequeño bocel en la unión con la base. La denominada capilla del Rey Jaime, emplea nervaduras con monteas similares a las anteriores en su ábside, y las diagonales del tramo perlengado están diseñadas con doble baquetón en cabeza.

LOS NERVIOS DE PERFIL TRIANGULAR CON MOLDURAS CÓNCAVOCONVEXAS

La sección de las nervaduras, que surge por la necesidad estructural antes aludida, no se va a limitar a una forma geométrica elemental o primaria. Bien al contrario, los perfiles de los nervios góticos del siglo XIV y hasta finales del XV se compondrán de varios elementos moldurados que debidamente enlazados configuraran contornos enmarcables en formas triangulares. Este tipo genérico de sección se podría subdividir en el ámbito valenciano en los siguientes dos grandes grupos. Villard de Honnecourt, entre la variedad de dibujos de su cuaderno, plasmó varias monteas de nervaduras de traza triangular con baquetones en cabeza, algunas con listel, y remate con bocel. La sección de los nervios de la cabecera del convento de San Francisco en Morella guarda gran parecido con una montea dibujada por Villard. Este tipo de perfil en las nervaduras se empleó en la iglesia de Santa María del Mar de Barcelona.

PLANTILLAS CON BAQUETÓN EN CABEZA

Si tuviéramos que elegir la montea tipo más extendida y característica de la arquitectura abovedada de los siglos XIV y XV nos decidiríamos por la que, después de todo un proceso evolutivo de estilización se llega a componer, dentro de un perfil escalonado o triangular, de un fino baquetón en cabeza con su correspondiente filete dorsal, le sigue una media caña y se remata en la base con un bocel, para acabar en la banda plana cuadrangular. Entre el bocel y la banda se interpone sistemáticamente una pequeña media caña. Esta montea es la más extendida por el gótico catalán. Uno de los ejemplos más significativos es el de la catedral de Girona.

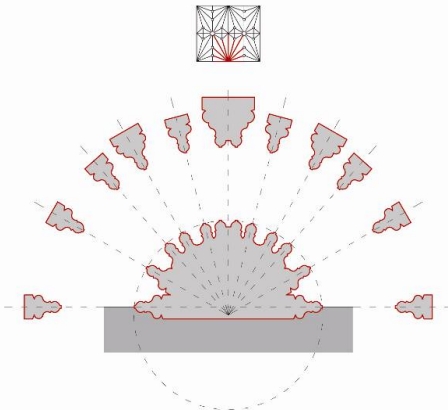


Fig. 1. Iglesia de San Bartolomé de Xàbia. Plantillas. 2012. Fuente propia

Dentro de la ciudad de Valencia, los nervios de las bóvedas de la iglesia de los Santos Juanes, del siglo XIV, adoptan esta fórmula compositiva en su perfil. Los perpiñanos y cruceros del claustro del convento de Santo Domingo (c. 1300) y los cruceros y formaletes de la sala capitular del cenobio, están diseñados bajo el mismo esquema: baquetón, media caña y bocel, aproximándose en cuanto a la proporción a los de la iglesia de Santa Catalina de la misma



ciudad. La nota singular la ofrece la plantilla de los nervios perpiaños que, en la misma línea de composición escalonada, desarrolla en sus dos flancos molduras salientes a modo de baquetillas que, con la lógica adaptación, serán nuevamente empleadas a finales del siglo XV por Pere Compte, a modo de guiño nostálgico, en el salón columnario de la Lonja de Mercaderes. Sobre la relación entre la capitular de Santo Domingo y la Sala de Contratación de la Lonja de Valencia es de obligada consulta el trabajo realizado por Aldana (1988).

En el siglo XV se alza la bóveda del coro, de perfil escarzano, en la iglesia de Santa María de Morella (Castellón). Es de los pocos casos donde sus nervaduras se diseñan de distintos tamaños dependiendo de la función más o menos portante, jerarquizándose del siguiente modo: los de mayor canto son los cruceros, que precisamente para conseguirlo añaden una faja suplementaria al resto de molduras para alargar el perfil, le siguen los rampantes y los nervios del anillo central con las curiosas baquetillas laterales, vistas en la capitular de Santo Domingo de Valencia, y una fascia final; y las de menor envergadura son los terceletes y el resto de ligaduras, que se diseñan con la plantilla prototípica de baquetón, media caña y bocel.

Con excepción de los escantillones de algunas ligaduras, que se forman con media caña, banda y media caña, la totalidad de nervaduras de la iglesia de San Bartolomé de Xàbia (Fig. 1), de los siglos XV-XVI, adoptan la solución del perfil con baquetón, media caña y bocel. En la bóveda estrellada de la cabecera todos los nervios son del mismo tipo y tamaño. En la nave los cruceros acentúan su tamaño respecto a los terceletes y ligaduras, y los perpiaños consiguen la mayor sección de todas las nervaduras mediante la yuxtaposición de dos plantillas de arcos cruceros.

PLANTILLAS CON EXTREMO AGUDO

El maestro Gelabert en su tratado considera el perfil de forma triangular el más usual del Gótico del siglo XIII, en concreto se refiere a este tipo como el formado por '...dos copades o un sonfrañy...' (Gelabert 1977, p. 256), refiriéndose a las dos medias cañas y un bocel que, con la desaparición del baquetón en cabeza, configura la sección más aguda o afilada. Este tipo de molduración es el empleado en algunas de las bóvedas de las capillas del lado del Evangelio de la iglesia de San Juan del Hospital de Valencia, datadas en el siglo XIV. Idéntica sección presentan las dovelas que se conservan en el suelo del recinto, cuya procedencia podría ser la de un antiguo claustro hoy inexistente. Durante el mismo siglo se construye la sala capitular de la catedral de Segorb, sus nervaduras se cortan con plantillas de doble media caña y remate a bocel. Datadas en el XIV están las capillas del lado del Evangelio de la arciprestal de San Mateo en Castellón, sus crucerías toman el mismo modelo de sección.

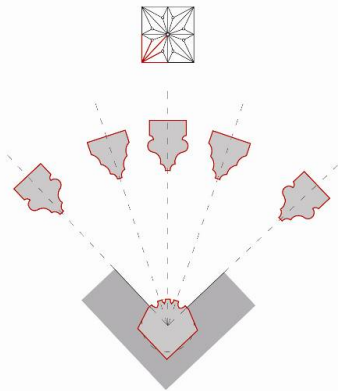


Fig. 2. Monasterio de Simat de la Vallidigna. Sala capitular. Plantillas. 2012. Fuente propia

El predominio de montees de arcos con perfiles de componente triangular, formados por dos o tres medias cañas, se manifiesta con un corte de absoluta precisión de forma generalizada en todas las dependencias del convento de la Trinidad de Valencia, del siglo XV.

Las nervaduras de sección triangular, compuesta por dos medias cañas y bocel, se aplican de forma generalizada en las bóvedas de las ermitas de Santa Ana y de la Virgen del Puig en Xàtiva (Valencia), construidas quizá en el siglo XV (Serra 2001, pp. 41-42). La de Santa Ana no voltea formaletes moldurados y el único nervio que cambia de sección es la ligadura de la cabecera, que se reduce a solo dos medias cañas. La de la Virgen del Puig, que repite la ausencia de formaletes, cambia el modelo en la crucería del atrio retomando el triángulo con baquetón y listel, media caña y bocel, en este caso con formaletes moldurados.

El tipo de escantillón sin baquetón en la testa se emplea en todas las nervaduras de la iglesia del monasterio de Corpus Christi de Llutxent (Valencia), edificada en el siglo XV. En la bóveda de la cabecera los terceletes y ligaduras se forman con solo dos medias cañas, y los diagonales con pequeña media caña, fascia y bocel. En los tramos de la nave los perpiaños, compuestos por dos medias cañas y bocel, se diseñan con exagerada anchura para poder recoger en su seno las plantillas de los cruceros y generar el cruzamiento de los arcos en el enjarje.

En la bóveda de la sala capitular del monasterio de Santa María en Simat de la Vallidigna (Fig. 2), del siglo XV, recientemente reconstruida, las nervaduras jerarquizan el tamaño de su sección con el siguiente orden: cruceros, terceletes y ligaduras. Los cruceros y formaletes aplican la plantilla de dos medias cañas y bocel, los terceletes tres medias cañas, y las ligaduras dos medias cañas. En el refectorio del monasterio se emplea el tipo de dos medias cañas y bocel, tanto en cruceros como en arcos perpiaños, que se trazan de mayor envergadura que los cruceros.

La plantilla formada por dos copades y un sonfrañy tiene su aplicación generalizada en las nervaduras, todas ellas del mismo tamaño, de la capilla mayor de la catedral de Orihuela, volteada en el siglo XVI. Similar monea se emplea en los arcos de pequeña bóveda estrellada, con solo dos claves de terceletes, situada en la capilla del lado de la Epístola a los pies del templo. Muy similares en su perfil son las secciones de los arcos de la iglesia de Santa María en Ontinyent, que utilizan esta única sección en todas las crucerías con algunas matizaciones. El primer tramo, cubierto en el siglo XIV, despliega una crucería estrellada con gran variedad de nervaduras: perpiaños, cruceros, formeros, terceletes, contraterceletes y ligaduras, de los que coinciden en envergadura los cruceros, terceletes y contraterceletes. El segundo y tercer tramo de época más avanzada, del siglo XV-XVI, montean crucerías en estrella con el mismo perfil en sus nervaduras, donde también se jerarquiza su tamaño, con los diagonales mayores que los terceletes y ligaduras. En estos dos tramos aparecen los terceletes cortos, que nacen de los arcos de cabeza y no de las jarjas, y que se asemejan a los pies de gallo, solo que aquí son de traza recta.

Incluimos en este apartado el estudio de las plantillas de las nervaduras de la emblemática Lonja de Valencia, edificada en los últimos años del siglo XV, y no porque sus molduras sean exclusivamente de sección triangular, sino porque dentro de la variedad de tipos que contienen sus bóvedas, sea tal vez el predominante dentro de la misma crucería. Comenzaremos por los nervios del Salón de Columnas, que encierra más de un vínculo con otras crucerías valencianas. Los perpiaños y formeros adoptan un singular perfil formado por baquetón con listel en cabeza, media caña y baquetilla lateral con listel. El recurso de la baquetilla lateral fue empleado en el siglo XIV en la sala capitular del Convento de Santo Domingo de esta misma ciudad en el que, según la historiografía, pudo inspirarse Pere Compte para diseñar su sala de altura única. También existe un empleo anterior de este motivo en tierras castellanenses, y está concretamente en el coro de la arciprestal de santa María de Morella, del siglo XV. Los arcos cruceros y las ligaduras tienen perfiles formados por media caña y bocel duplicados, moldura que se reproduce en las bóvedas de las capillas del acceso a la sala capitular de la catedral de Valencia, atribuidas al mismo maestro. Pero todavía nos quedan por describir los nervios rampantes, las ligaduras, que cambian radicalmente de modelo y toman formas entorchadas, sogueadas con tres maromas en helicoides. El inconfundible sello de Compte se sigue plasmando en la capilla del recinto donde el maestro reproduce de nuevo el perfil de nervio con baquetillas, y lo aplica a los apainelados arcos cruceros. Los terceletes y ligaduras de la capilla los resuelve con secciones de dos cañas y bocel, y los formaletes se reducen a una sección de media caña y bocel.

LAS NERVADURAS ENTORCHADAS

En la última década del siglo XV la arquitectura gótica aprovecha el dinamismo de las formas helicoidales para hacer alarde de virtuosismo en la traza y monea de los elementos estructurales. Sin necesidad alguna, tan solo por razones estéticas, diseñan pilares y nervios torsos que complican sobremanera las uniones de las dovelas con las claves y con los jarjamentos. Gelabert (1977, p. 72-73) incluye en sus trazas de monea el denominado 'pilar entorxat' y en el área valenciana se llegan a poner en obra una nutrida variedad de ejemplos de trazas helicoidales que, quebrando la rectitud del pilar, adoptan la forma curva en los arcos de las crucerías.

En el convento de Santo Domingo de Valencia quedan algunos vestigios de nervaduras de traza helicoidal atribuidos al maestro Pere Compte. Algunos arcos, en su lugar de origen, de la capilla de la Virgen del Rosario, de principio del XVI, son torsos de arista viva. Y por otra parte, de una de las claves procedente del mismo lugar (expuesta como tal en el museo de Bellas Artes de Valencia) se deducen la traza de los nervios de la misma. Se tratan de nervaduras sogueadas con tres maromas entorchadas (Gómez-Ferrer 2003, pp. 193-197). Del mismo tipo son algunas moneas de las nervaduras de la Lonja de Valencia, en concreto las ya comentadas ligaduras del Salón de Columnas.

Igualmente atribuidas al maestro Compte, o a su entorno, son las crucerías de la iglesia de la cartuja de Santa María de Porta Coeli en Serra (Valencia), volteadas en los últimos años del siglo XV, en sus arcos formeros se aplica una plantilla octogonal de lados curvos que, con el giro correspondiente, generará nervaduras torsas de arista viva. Por el hueco



practicado en la plementería de la nave se puede observar, además de los nervios torsos citados, las nervaduras correspondientes a los arcos terceletes que se dirigen a la clave correspondiente.

También las bóvedas de los últimos tramos de la nave de la colegiata de Gandia (Valencia), promovidas por los Borja, en sus formaletes y perpiaños aplican la plantilla de traza ochavada que generará los nervios torsos de arista viva. Los cruceros de estos tramos continúan con el mismo esquema compositivo que las nervaduras de los tramos del siglo XIV y XV, resueltas mediante baquetón con filete, media caña y bocel.

La iglesia de Santiago de Villena (Fig. 3), de principio del XVI, despliega en su cabecera arcos cruceros, formeros (semiplantillas) y perpiaño de cabeza, entorchados de arista viva, cuya sección responde a un ochavo de lados curvos y filete en el plano medio. Los otros arcos de la cabecera, terceletes y ligaduras, se diseñan con perfil de dos medias cañas y bocel. Los tramos de la nave, incluido el de la bóveda estrellada, cortan todos sus arcos con la plantilla anterior.



Fig. 3. Iglesia de Santiago de Villena. Modelo 3D de la jarja. 2012. Fuente propia

350

Aunque no todas sus nervaduras son entorchadas, trataremos en este apartado las secciones de las bóvedas de la parroquial de Utiel (Valencia), cuya traza se data a principios de la segunda década del XVI (Fig. 4). Los únicos nervios torsos con arista viva, de sección octogonal curvilínea y filete dorsal, son los arcos cruceros y perpiaños. Las ligaduras se cortan con plantilla de baquetón, media caña y bocel, y los formeros con dos medias cañas y bocel. Todo ello referido a la cabecera y la nave de la iglesia ya que las capillas presentan otros tipos de moldurajes en sus nervios. Por una parte la capilla de planta hexagonal aplica en sus arcos formeros y cruceros la plantilla de dos medias cañas y bocel; y la capilla cuadrilobulada del lado de la Epístola dispone de cruceros con baquetón, media caña y dos bocel, y las ligaduras y combados de dos medias cañas y bocel.

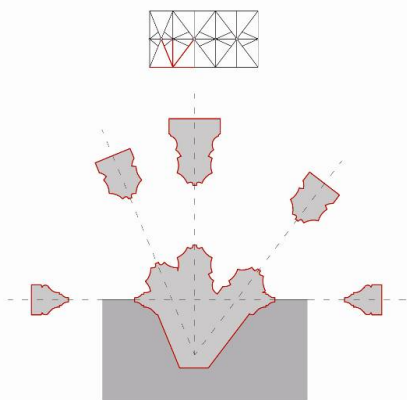


Fig. 4. Parroquial de Utiel. Plantillas. 2012. Fuente propia

El mayor alarde de virtuosismo en la aplicación de nervios torsos a una bóveda de crucería, en arista viva, se produce sin lugar a dudas en el crucero (1506) de la catedral de Orihuela (Alicante). A su original traza en

planta y monte se suma el generalizado corte de todas sus nervaduras mediante una plantilla octogonal de lados curvos, con supuesta curvatura del mismo radio que el círculo envolvente, que en su movimiento helicoidal dará lugar a unos nervios torsos de potente factura, donde los perpieños destacan del resto por su mayor sección.

LAS MOLDURAS 'AL ROMANO'

A partir del siglo XVI se imponen las formas renacentistas en la labra de las nervaduras. Aunque se siguen cubriendo los espacios mediante la tradicional bóveda de crucería, eso sí, con distinto rampante, las dovelas se diseñan con secciones cuadrangulares o rasas que se aproximan a veces a la yuxtaposición dorsal de dos arquivoltas con medias cañas, fascias y 'papos de paloma' (golas). Testimonio de esta tendencia del diseño de nervaduras se tiene en Valencia de la construcción de la iglesia de la Compañía de Valencia (1595): '...cruceros an de ser labrados de un arquivolta a la una parte y a la otra, haciendo una llave en medio de dichos cruceros...' (Pingarrón 1986, p. 30). Sin embargo, no faltan casos de secciones triangulares que, a diferencia de las de siglos anteriores, se plagan de multitud de pequeñas molduras cóncavo-convexas para configurar la sección del nervio.

El refectorio del convento de Santo Domingo de Valencia, construido en el siglo XVI, adapta las plantillas de las nervaduras pétreas de su crucería a la época mediante diseños de perfiles cuadrangulares que se rematan en plano. Con otro material y con otro tipo de abovedamiento se cierra la cabecera de la iglesia de San Martín, también en Valencia, realizado en el mismo siglo y, como es lógico, las nervaduras de yeso presentan una molduración rasa que rompe con los esquemas góticos anteriores.

Los perfiles de las nervaduras renacentistas no siempre son de traza cuadrangular, existe otro modo de romper con la tradición gótica mediante diseños de componente triangular, que se diferencian de los anteriores en la infinidad de pequeñas molduras cóncavo-convexas que los componen, a veces con alguna fascia intermedia. De este modo se diseñan los cruceros, de mayor tamaño que el resto, y los terceletes, ligaduras y formaletes de las bóvedas estrelladas de la sacristía, en la iglesia del convento del Carmen de Valencia, del siglo XVI. Por la misma época la sacristía de la iglesia de Santiago en Villena (Alicante) eleva sus crucerías estrelladas jerarquizando el tamaño de sus arcos, cruceros y formaletes (media plantilla) de mayor sección que terceletes y ligaduras, y empleando un perfil similar al del Carmen con baquetón en la cima, múltiples molduras cóncavo-convexas y alguna banda intermedia. También se diseñan con molduración rasa al romano los perpieños del refectorio, del mismo siglo, en el monasterio de Corpus Christi de Llutxent (Valencia), manteniéndose los arcos diagonales con las tradicionales secciones empleadas en la iglesia del cenobio formadas por dos medias cañas.

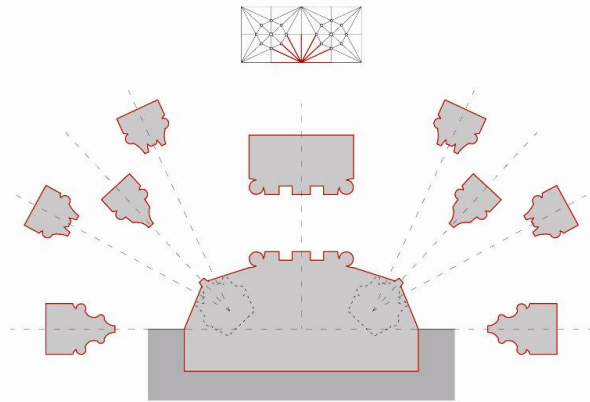


Fig. 5. Iglesia de las Santas Justa y Rufina de Orihuela. Plantillas. 2012. Fuente propia

La iglesia de las Santas Justa y Rufina (Fig. 5) en la ciudad de Orihuela (Alicante), eleva sus bóvedas en el siglo XVI empleando nervaduras de corte clásico, con algunas de ellas que tratan de anclarse en los modelos de apogeo gótico. Distingue el diseño de cada uno de los nervios, de manera que los terceletes del 3º y 4º tramo los traza con plantilla de testa aplanada, y los cruceros y ligaduras de estos últimos con plantilla de media caña y bocel. Y en el tramo 1º, el de la cabecera, emplea la sección de doble media caña y bocel en cruceros, ligaduras y terceletes. Continuando en Orihuela, concretamente en el Convento de Santo Domingo se construye en la primera década del seiscientos la nave del refectorio, cerrada con crucerías simples que emplean plantillas, tanto en los cruceros como en los formeros, resultado de la yuxtaposición de dos arquivoltas, con la particularidad de el extremo se remata con una pequeña media caña. En la misma ciudad resulta paradójico que, en la

iglesia



de Santiago (Fig. 6), construida a finales del siglo XV, se recurra a los tipos de plantilla de traza triangular compuestos por tres medias cañas, tanto en los nervios menores de la nave como de las capillas. También los fajones de esta iglesia se diseñan con la clásica moldura de bocel, media caña y bocel, a la que se le añade en cabeza otra media caña para estilizarla, y que recuerdan el modelo de los formales de la iglesia de las Santas Justa y Rufina de esta misma ciudad.

Un esquema de composición triangular y al romano, un tanto singular, se dispone en las secciones de las nervaduras de las bóvedas estrelladas de la iglesia de San Francisco en Torreblanca (Castellón), de finales del siglo XVI. Una pequeña media caña y un exagerado bocel perfilan los arcos de la nave. En la bóveda del coro esta moldura se suplementa con una banda para conseguir mayor sección al ser de perfil rebajado. Y la sacristía se cierra con arcos cortados con plantillas de dos bandas escalonadas y bocel final.



Fig. 6. Iglesia de Santiago de Orihuela. Modelo 3D. Jarja. 2012. Fuente propia

Las naves en cruz griega del antiguo hospital de Valencia (1512-1540) cerradas con bóvedas baidas confinan estas mediante arcos torales de anchas nervaduras de yeso, molduradas con una sencilla media caña, listel y banda recta, de gusto a la romana. El espacio crucero, cubierto por una cúpula de planta elíptica sobre tambor octogonal, decora su superficie con ocho bandas de escayola de sección similar a las de las naves, pero en este caso más simplificada y con en neto abombado, recogiendo en su interior plafones circulares con motivos vegetales. Estos nervios convergen en un anillo que abraza una clave con la representación de la Virgen de la Misericordia. Según Joaquín Bérchez (1994, p. 92), esta cúpula es posiblemente la primera cúpula sin trasdosar sobre tambor del Renacimiento español. El motivo decorativo del plafón también se aplica en el intradós de los arcos de las naves, de forma circular en los cruceros y de planta cuadrada en los formeros.

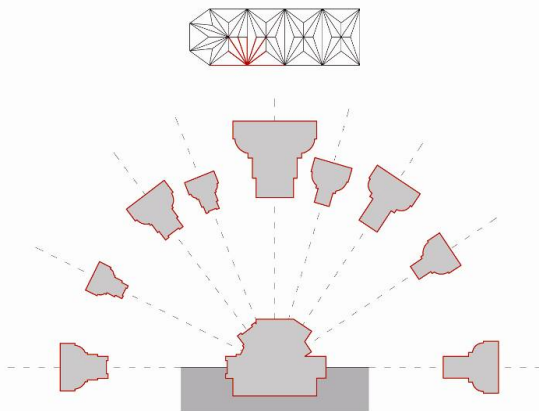


Fig. 7. Iglesia de Villafranca del Cid. Plantillas de la nave. 2012. Fuente propia

La iglesia de Santamaría Magdalena en Villafranca del Cid (Castellón), acabada en el último tercio del siglo XVI, con planta de nave única, cabecera ochavada y capillas laterales, despliega bóvedas de crucería estrellada en los tres tramos de su nave (Fig. 7), en la capilla de la cabecera y en la propia cabecera, y crucerías simples en las capillas laterales y el coro. Todas las plantillas de las nervaduras se componen de la

yuxtaposición dorsal de dos arquivitras, con la excepción de los cruceros de las capillas laterales y de la sacristía que resuelven su molduración con la plantilla triangular de dos medias cañas, de tradición gótica, que se sigue empleando en contadas ocasiones. Existen pequeñas variaciones en los tipos, sobre todo las molduras de la crucería del presbiterio se enriquecen con el doble filete en la cara dorsal. Curiosamente, las molduras de los nervios de la iglesia del Colegio del Patriarca en Valencia reproducen, pocos años después, unas plantillas de similares características a las de la parroquia de Villafraanca del Cid.

La iglesia parroquia de San Miguel en Canet lo Roig (Castellón), construida en el último tercio del siglo XVI, configura su cabecera en ochavo, cerrado con bóveda de crucería estrellada de terceletes. Los tramos de la nave única se cubren con crucerías simples, al igual que las capillas colaterales y las de la cabecera. El grado de estandarización en el corte de las plantillas es tal, que todos los cruceros, formeros, terceletes y ligaduras se definen con el mismo perfil, compuesto por media caña, bocel y banda plana en el ápice, que le imprime el aire al romano. Los arcos fajones se cortan con sección rectangular achaflanada a 45°.

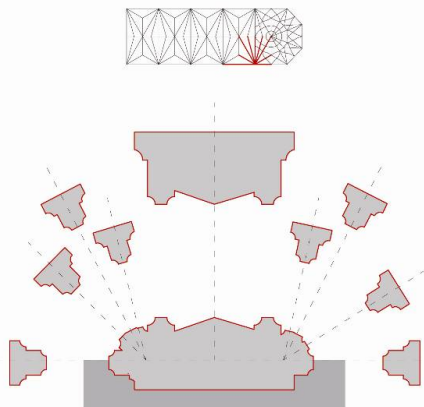


Fig. 8. Iglesia de Vistabella del Maestrazgo. 2012. Fuente propia

La iglesia de Vistabella del Maestrazgo en Castellón (Fig. 8), construida a finales del siglo XVI y principio del XVII, despliega bóvedas de crucería con un completo repertorio de nervios. En su cabecera, se levanta una estrella sobre la capilla mayor que emula a la crucerías del ámbito castellano, con arcos concéntricos en torno al polo y originales pies de gallo que se configuran mediante el empleo del arco combado, arco poco utilizado en el reino de Valencia. No faltan, por supuesto, los terceletes, cruceros, formeros, espinazos y fajones. De nuevo se estandarizan los modelos al romano, empleándose una plantilla formada por la yuxtaposición dorsal de dos arquivitras para todos los arcos, con la diferencia de una mayor anchura para los cruceros y espinazos. Los fajones de separación de naves, de bastante más envergadura, se componen de dos arquivitras a los extremos y un núcleo central ligeramente apuntado. Los tramos de la nave mayor, las naves colaterales, las capillas absidiales y la sacristía, todas cubiertas por bóvedas de crucería, reproducen el mismo tipo de plantilla en sus nervaduras que la capilla mayor. El deambulatorio recurre a una bóveda casetonada.

CONCLUSIÓN

Después de analizar las secciones más comunes de las bóvedas góticas, y de rastrear de norte a sur los distintos tipos de plantillas empleados en las crucerías de la arquitectura renacentista valenciana, podemos afirmar que las atrofias de modelos anteriores y la proliferación de las molduras llanas, *al romano*, yuxtaposición dorsal de dos arquivitras, dejan en el olvido las de tradición gótica y apuestan por un mayor grado de libertad de traza en las monteas de las bóvedas de crucería, que por supuesto se seguirán construyendo durante los siglos posteriores.

NOTA

Este trabajo forma parte del proyecto de investigación que lleva por título *Trazas y monteas de la arquitectura. Bóvedas de la arquitectura renacentista valenciana*, del Plan Nacional de I+D+i (HAR2009-13684), financiado por el anterior Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España.



REFERENCIAS

- Aldana, S 1988, *La Llotja de Valencia*, Biblioteca Valenciana, Valencia.
- Aubert, M 1934, "Les plus anciennes croisées d'ogives. Leur rôle dans la construction", *Bulletin Monumental*, Société Française d'Archéologie, Paris.
- Bérchez, J 1994, *Arquitectura renacentista valenciana (1500-1570)*, Bancaja, Valencia.
- Camón, J 1940, "La intervención de Rodrigo Gil de Hontañón en el manuscrito de Simón García", *Archivo Español de Arte*, v. XIV, nº 45, Madrid.
- Gelabert, J 1977, *De l'art de picapedrer* (ed. facsímil del manuscrito de 1653), Diputación Provincial de Baleares, Palma de Mallorca.
- Gómez, J 1998, *El gótico español en la Edad Moderna. Bóvedas de crucería*, Universidad de Valladolid, Valladolid.
- Gómez-Ferrer, M 2003, "La capilla del Rosario en el convento de Santo domingo de Valencia", *Una arquitectura gótica mediterránea* (Mira, E y Zaragoza, A, eds.), vol. 2, Generalitat Valenciana, Valencia.
- Heyman, J 1995, *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica*, CEHOPU, Madrid.
- Mark, R 2002, *Tecnología arquitectónica hasta la Revolución Científica. Arte y estructura de las grandes construcciones*, Akal, Madrid.
- Navarro, J C 2006, *Bóvedas de la arquitectura gótica valenciana. Traza y montea*, Publicacions de la Universitat de València, Valencia.
- Pingaron, F 1986, "A propósito de la arquitectura de la primitiva iglesia de la Compañía de Jesús en Valencia", *Archivo de Arte Valenciano*, LXVII, Valencia.
- Serra, A 2001, "Xàtiva, la ciudad de los Borja", *El hogar de los Borja* (cat. Exposición '2000 Any Borja'), Generalitat Valenciana, Xàtiva.

LA ENSEÑANZA DEL DIBUJO ARQUITECTÓNICO CON DISEÑO DE NUEVOS MODELOS, A TRAVÉS DE LAS PLATAFORMAS DE EDUCACIÓN VIRTUAL

José Ramón OSANZ DIAZ y equipo Pie-Dibarq-04-09-10,05-10-11,06-11-12

Universidad Politécnica de Madrid
Departamento de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación

“Abstract”

ARCHITECTURAL DRAWING TEACHING DESIGN OF NEW MODELS THROUGH VIRTUAL EDUCATION PLATFORM

This submission seeks to highlight the work of PIE-DIBARQ Group Educational Innovation UPM courses during 2009-10, 2010-11 and 2011-12, in their efforts to implement a methodology adapted to the new requirements of the European Convergence in Higher Education, through its publication in different virtual platforms free (OCW of UPM) and / or restricted (Moodle of UPM), thereby obtaining an understanding of the teaching of architectural drawings in the College of Technical Architects Madrid, and the student's academic training.

We have proceeded to develop through appropriate exercises to study the shapes and proportions of different models and their decomposition into volumes, which allow for greater spatial visualization training and knowledge of different systems of representation. The process was done through progressive levels of difficulty, all applied to the teaching of Graphic Expression in Building for the subjects of Architectural Drawing I and II EUATM.

COMUNICACION

a).Introducción

La utilización de sistemas informáticos apropiados y las nuevas tecnologías en la comunicación, con redes sociales y plataformas virtuales, de uso por numerosos organismos y particulares, permiten y fomentan tanto la elaboración de ejercicios adecuados al fin particular de la enseñanza de disciplinas como las de Dibujo Arquitectónico, como la posibilidad de comunicación y difusión rápida y precisa de dichos ejercicios, para su utilización por los organismos y/o alumnos que forman parte o estén interesados en dicha enseñanza.

Para ello se ha planteado el estudio de diversos modelos edificatorios, ejecutados o en proyecto, con diseño propio del equipo que presenta la comunicación, y de otros arquitectos de reconocido prestigio histórico, desde Palladio a Le Corbusier, que se presentan al alumno en formatos PDF para su visualización desde el ordenador personal, o los nuevos y numerosos objetos móviles que permiten el acceso a las plataformas virtuales donde se publican dichos ejercicios.

Todo ello se publica en la plataforma virtual elegida, con los datos suficientes para que el alumno pueda estudiar y/o entender el ejercicio gráfico propuesto, y después presentar gráficamente las soluciones que se le piden, y que están relacionadas con lo manifestado anteriormente en cuanto a su interpretación de los datos gráficos que se le facilitan, permitiendo a la vez realizar una evolución continua con los resultados que nos facilitan en sus presentaciones de los trabajos solicitados.

De momento se plantea la presentación de los resultados solicitados en formatos con soporte papel del tipo apropiado al fin que se pretende, con la intención de que en un futuro próximo, tanto las publicaciones de los ejercicios propuestos, como los resultados que se solicitan, sean desarrollados y publicados en las plataformas que permiten la comunicación entre la comunidad universitaria.

b).Objetivos

El primer objetivo de esta comunicación es dar a conocer los trabajos realizados por el Grupo de Innovación Educativa de la UPM, PIE-DIBARQ-04-09-10, 05-10-11 y 06-11-12, en sus esfuerzos por aplicar una metodología adaptada a las nuevas exigencias de la Convergencia Europea en la Educación Superior, en la que se integren las Nuevas Tecnologías para su aplicación en la enseñanza de los sistemas de representación. Para ello se ha procedido a desarrollar mediante los ejercicios adecuados el estudio de las proporciones de las partes y del todo de diversos modelos, y su descomposición en volúmenes. El proceso se ha realizado a través de distintos niveles progresivos de dificultad, todo ello aplicado a la Expresión Gráfica en la Edificación para las asignaturas de Dibujo Arquitectónico I y II de la EUATM.



El Grupo de Innovación PIE-DIBARQ-06-11-12, se ha planteado el estudio de diversos modelos edificatorios, ya ejecutados o en proyecto, eligiendo para ello diseños propios de los componentes del Grupo u otros basados en proyectos de otros arquitectos de reconocido prestigio histórico, desde Palladio a Le Corbusier. Los ejercicios se presentan al alumno en formatos A3 y contienen los datos suficientes para que el alumno pueda interpretarlos espacialmente y solucionar gráficamente el problema expuesto. Se establecen 3 grados de dificultad, ya que esta metodología de dificultad progresiva va a facilitar el aprendizaje, y la evaluación continua del alumno.

Otro objetivo es que apoyándonos en el uso de las herramientas de diseño asistido por ordenador en conjunción con nuestro sistema de composición, se crean un conjunto de ejercicios innovadores con un diseño preciso de modelos en 3D y su posterior representación en 2D, que nos sirva para una mayor flexibilidad en el planteamiento de ejercicios, como por ejemplo el solicitar al alumno que a partir de los datos de un modelo en alzados y secciones verticales, se obtengan las secciones horizontales que definen el objeto representado en contraposición a lo tradicional, donde dados alzados y secciones horizontales se solicitan secciones verticales.

Se pretende que la elaboración de los trabajos genere un impacto positivo tanto en la visión espacial del alumno, como en la representación de los ejercicios propuestos, con los convenientes contenidos gráficos, y que su publicación colabore al uso combinado de ejercicios entre las distintas Escuelas, y para el conocimiento social del nivel de formación del arquitecto técnico, para su futura relación socio-laboral.

c). Descripción del trabajo/contenido

La entrada en "Bolonia" y su aplicación, trae aparejada una nueva metodología adaptada a las nuevas exigencias de la Convergencia Europea en la Educación Superior, en la que se integren las Nuevas Tecnologías para su aplicación en la enseñanza de los sistemas de representación. Estas Nuevas Tecnologías giran en torno a las herramientas informáticas, y a la comunicación a través de "Internet", que permite una gran rapidez y facilidad de transmisión de datos, conocimientos y resultados. En resumen, hay que usar las plataformas virtuales que las Nuevas Tecnologías nos facilitan y que permitan comunicarse fácil y rápidamente.

En aplicación de estas nuevas exigencias, durante el curso 2009-10, 2010-2011, y 2011-2012, y en aplicación de los Proyectos de Innovación Educativa Pie-Dibarq-4-09-10, Pie-Dibarq-5-10-11, y Pie-Dibarq-06-11-12 aprobados por la UPM, se ha iniciado una nueva metodología de representación y diseño de modelos edificatorios de dificultad progresiva, además de continuar con la metodología docente tradicional basada en la clase magistral complementada con la realización de ejercicios prácticos ya manidos en clase y/o en casa.

Se han elaborado los nuevos ejercicios en base a los Proyectos de Innovación Educativa Pie-Dibarq-04-09-10 (diseños propios), Pie-Dibarq-05-10-11, (villas de Palladio), y Pie-Dibarq-06-11-12, (edificios de Le Corbusier), durante los cursos 2009-10, 2010-2011, y 2011-2012 respectivamente, publicándose en la plataforma de educación virtual "Moodle" de la Universidad Politécnica de Madrid, dentro de las asignaturas de Dibujo Arquitectónico I y II de la EUATM, a la que tienen acceso los propios alumnos de las correspondientes asignaturas en las que se encuentren matriculados. También se han publicado en la editorial electrónica "Open Course Ware" (OCW), de la Universidad Politécnica de Madrid, por ser de acceso libre, para que permita su utilización por todos los interesados en realizar ejercicios prácticos y estudio de la representación de objetos arquitectónicos, de forma similar a los alumnos matriculados en las disciplinas de Dibujo Arquitectónico I/II de Escuela Universitaria Arquitectura Técnica Madrid.

Para ello se ha tenido en cuenta que en el proceso del diseño/definición gráfica de un edificio, conviene utilizar los sistemas de representación apropiados para cada fin que se pretende: Las plantas y/o secciones horizontales, son los diagramas de definición y construcción del edificio, con los que puede determinar su función, disposición de elementos, evaluar su tamaño, etc. dando una visión comprensible de un edificio, pero es una información limitada acerca de su carácter arquitectónico, que se complementa con las secciones verticales, que dan idea de las plantas existentes, de las alturas, forma de cubiertas y la altura de suelos en relación con el suelo exterior, completándose con los alzados del conjunto, ya que estos pasan a ser como la representación pictórica del edificio. Aparte de estos tipos clásicos de representación de un edificio, existen otros tipos que pueden ser útiles para ilustrar la naturaleza de algunos edificios, como son las axonometrías, perspectivas cónicas, maquetas, videos, etc.

Es general que los alumnos de Dibujo Arquitectónico I y II dentro de la EUATM de la UPM, presenten dificultades en la interpretación/ representación, así como en la comprensión de los espacios interiores/exteriores y las formas/volumenes de los objetos arquitectónicos con los que se trabaja en la disciplina, básicamente en las partes que afectan a las comunicaciones verticales (escaleras), y en las cubiertas, por sus singularidades y dificultades de estos elementos.

En estos modelos, se estudian objetos arquitectónicos, con un diseño centrado en primer lugar en el ejercicio de la expresión gráfica, a través de los sistemas descritos anteriormente, con entendimiento/ comprensión de volúmenes/formas y espacios exterior/interior, realizando ejercicios de dificultad progresiva en tres niveles:

pequeña, mediana y gran dificultad, y en segundo lugar atendiendo a las connotaciones arquitectónicas de composición, estilo, funcionalidad, adecuación estructural, etc.

Se ha procedido a representar en sistemas de CAD 3D las obras estudiadas, y a definir en los distintos sistemas de representación 2D las mismas, con presentaciones según el sistema de CAD.

Se numeran estos ejercicios, con tres cifras indicativas (g-g-g) de: 1-g-g (nuevos diseños dentro del proyecto actual del GIE) o 2-g-g, 3-g-g (objetos ya diseñados), 1-1-g, 2-1-g, 3-1-g (orden del diseño/estudio del objeto arquitectónico en función de su elaboración en el tiempo) y 1-1-1, 2-1-1, 3-1-1 (numeración de primer/segundo/tercer..... diseño/estudio con variaciones sobre el primero). Tras esta numeración g-g-g se define con letras A B C, las dificultades A pequeña, B mediana y C grande, seguidas de una cifra indicativa del sistema de representación usado:

A-1 (isométrica), A-2 (alzados), A-3 (plantas/secciones horizontales), A-4 (secciones verticales), en la pequeña dificultad

B-1 (isométrica), B-2 (alzados), B-3 (secciones horizontales), B-4 (secciones verticales), B-5 (secciones verticales quebradas/con recodo), en la mediana dificultad

C-1 (isométrica), C-2 (alzados), C-3 (secciones horizontales), C-4 (secciones verticales), C-5 (secciones verticales quebradas/con recodo), C-6 (axonométrica caballera), C-7 (axonométrica militar), C-8 (perspectiva cónica), C-9 (secciones con vistas interiores en axonométricas varias, cónicas ..), en la alta dificultad.

La pequeña dificultad, se concreta en objetos con volúmenes/formas propios de los objetos sin espacio interior, presentados en formato A3, con estudios teóricos definidos con A-0 en los diseños ya ejecutados, pertenecientes a obras de arquitectos de reconocido prestigio, en donde se recogen tanto las representaciones iniciales, como los desarrollos y variaciones realizadas, así como las posibles imágenes existentes actuales o previas del objeto estudiado, y que facilitan su comprensión y estudio histórico, con un Proceso de descripción gráfica contenido en A-0, y otro estudio de creación/composición de estos volúmenes, ya sea con connotaciones teóricas tipo Sección Aurea, u otras razones geométricas, proporciones, etc., con dibujo/isométricas exteriores que lo describen, contenidos en A-1, y también posibles definiciones gráficas si son necesarias, de alzados exteriores contenidos en A-2, de secciones horizontales con posibles huecos o espacios interiores sencillos y necesarios para el entendimiento o interpretación de la función del objeto, contenidos en A-3, así como posibles secciones verticales contenidos en A-4, con criterios de visualización de espacios interiores en altura, que nos permita con los datos de alzados (A-2), definir las secciones horizontales (A-3), consiguiendo así, cambiar el tradicional esquema usado en la enseñanza tradicional del Dibujo Arquitectónico, en donde se facilitan datos de alzados (A-2) y secciones horizontales (A-3), para solicitar las secciones verticales (A-4) e incluso la Isométrica (A-1) según unos ejes determinados.

En el dibujo manual tradicionalmente desarrollado en las escuelas de arquitectura técnica, se dibujan en formatos de papel de tamaños A2 o A3, con la textura adecuada, las distintas vistas que representan el objeto que se está estudiando, de tal forma que se utilicen en menor número posible de dichas vistas, que permitan dar definición completa del objeto. En sus comienzos una de las labores más importantes de dichos dibujos cuando se realizan a mano, es su proporción, tanto de las partes entre sí, como las partes con el todo, de tal forma que el aspecto que presente el dibujo sea el más próximo a la realidad del objeto, tanto en la exactitud de su definición técnica, como en su proporción.

En esta primera parte de pequeña dificultad en la representación del objeto que se está estudiando, definido en estos ejercicios con la numeración y letra g-g-g A-1, se pretende aparte de conocer un proceso de diseño, que sigue unos criterios en este caso de relación con la sección aurea en cuanto a sus proporciones, que los alumnos dibujen proporcionadamente el conjunto y sus partes, en cada una de las vistas precisas, para lo que sirve de referencia precisamente el proceso de diseño, donde se aprecia como se van obteniendo los volúmenes sucesivamente en un proceso de creación y yuxtaposición, hasta conseguir representar un objeto en tres dimensiones, que se puede apreciar como si de una pieza de las que se utilizan en la forma tradicional de dibujo en la asignatura de Dibujo Arquitectónico se tratara.. Por lo tanto es a partir de esta pieza/objeto creado, desde donde se sigue el mismo criterio de dibujo tradicional, con la representación de las vistas necesarias, en este caso por su similitud con objetos arquitectónicos denominados alzados y planta de cubierta.

La mediana dificultad, se concreta en la aparición de los espacios interiores, y huecos entre interior/exterior, haciendo hincapié en los elementos de comunicación vertical (escaleras, rampas etc.), con posibles espacios en doble o varias alturas, así como la representación y entendimiento de los espacios o volúmenes de cubiertas/aleros que se seccionan para estudiar sus formas/volúmenes. Todo ello contenido en los correspondientes planos denominados B-1, B-2, B-3, B4 y B-5

La alta dificultad se concreta, en la aparición de nuevos elementos interiores/exteriores, cubiertas/escaleras/huecos de fachadas, molduras, etc. de formas/volúmenes más complejos, con variedad ilimitada de espacios, ya sean en ejercicios de objetos arquitectónicos clásicos o actuales, y en la utilización de los sistemas de representación en toda su amplitud y/o dificultad. Los planos que los definen son los denominados C-1, C-2, C-3, C-

4, C-5,



C-6, C-7, C-8, C-9,.... La presentación se realiza en formato A3 horizontal, y si es posible a E1/100. Todo ello se realiza desde un diseño adecuado del modelo en 3D, y su representación técnica en 2D con un programa de CAD,

A continuación de la creación/diseño de estos objetos arquitectónicos, se procede su uso en ejercicios a desarrollar por los alumnos, tanto en la clase de dos horas, haciendo de control dentro de la evaluación continua con que se valora el curso, como en su domicilio/casa en los que requieren mayor tiempo de ejecución, y en donde se realizan los objetos y/o ejercicios más complejos, que sirven para confirmar la evaluación continua de ejercicios de clase en el conjunto del curso.

Después se procede a seleccionar los ejercicios que consideramos apropiados para su publicación, por su aportación cultural/formativa, estética, de innovación, formal, etc., que son los que aparecen en las distintas plataformas virtuales usadas, básicamente en Moodle de la UPM, y de los que a continuación exponemos una muestra.

El acceso a "Moodle" de la Universidad Politécnica de Madrid, está restringido a los alumnos y profesores de las disciplinas de Dibujo Arquitectónico I y II de dicha Universidad, teniendo que aportar su correo electrónico de la UPM y una contraseña individual, por lo que no corresponde aquí poner referencias de las publicaciones, que se hacen en dicha plataforma virtual.

El acceso a OCW (OpenCourseWare) de la U.P.M. (Universidad Politécnica de Madrid), es de acceso libre, por lo que a continuación dejamos reflejada la forma de acceder a esta plataforma, así como la URL correspondiente.

Entrando en un buscador del tipo Google, escribiendo OCW UPM, y pinchando en buscar, se abre la referencia de OCW Universidad Politécnica de Madrid en el primer lugar de la página, en donde al pinchar se abre la página de Bienvenido al OpenCourseWare de la Universidad Politécnica de Madrid, y a su izquierda vienen descritas las asignaturas por Área de Conocimiento, encontrándose entre ellas la de Dibujo, en la que al pinchar se despliega otra página donde se puede escoger Dibujo Arquitectónico I, II, I2011, I2011..... pinchando en uno de ellos, se abre la página correspondiente explicativa de la asignatura, y a su izquierda Ejercicios Proyectos y Casos, donde al pinchar se abren las referencias de los ejercicios que existen publicados, seleccionando el cada uno quiera, apareciendo los dibujos correspondientes con sus definiciones gráficas, denominaciones, peticiones de realización etc. a 17 de mayo de 2011, 21.00horas

Direcciones URL

<http://www.google.es/#hl=es&gs_lf=1&cp=3&gs_id=28&xhr=1&q=ocw&pf=p&output=search&scient=psy-ab&og=ocw&aq=0&aq=g4&aq=l&gs_l=&pbx=1&bav=on.2.or.r.qc.r.pw.r.qf.,cf.osb&fp=e90d899a5f40c2c8&biw=1404&bih=641>

<<http://www.upm.es/institucional/Docentes/e-Edu/OpenCourseWare>>

<<http://ocw.upm.es/dibujo>>

<<http://ocw.upm.es/dibujo/dibujo-arquitectonico-i>>

Como muestra se presentan 8 imágenes de la publicación en Moodle UPM, y OCW UPM



Fig1. Inicio de D.A.I en OCW UPM 2010 OCW

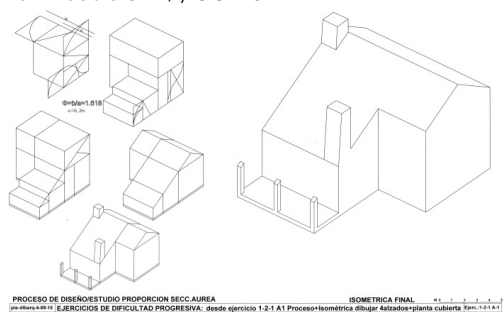


Fig2. Ej. 2-1-1 A-1 Proceso diseño+isométrica 2011 Moodle/OCW

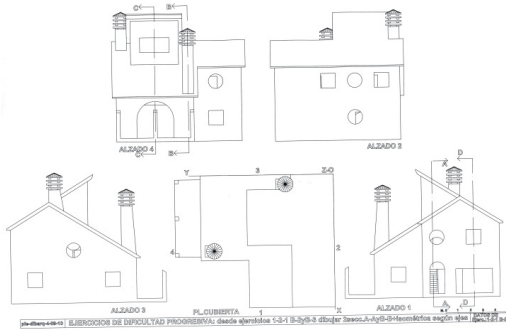


Fig1. Ej. 2-1-1 B-2 Alzados+pl.cubierta 2011 Moodle/OCW

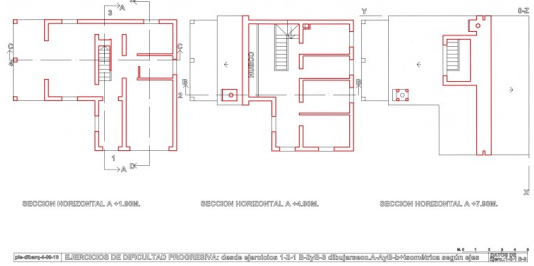


Fig4. Ej. 2-1-1 B-3 tres secciones horizontales 2011 Moodle/OCW

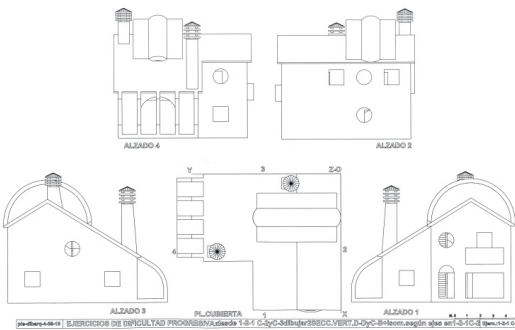


Fig5. Ej. 2-1-1 C-2 Alzados+pl.cubierta 2011 Moodle/OCW

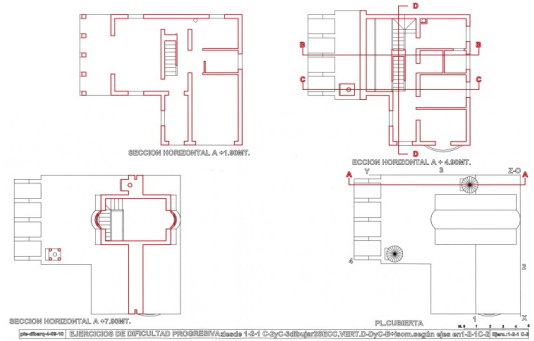


Fig6. Ej. 2-1-1 C-3 tres plantas+pl.cubierta 2011 Moodle/OCW

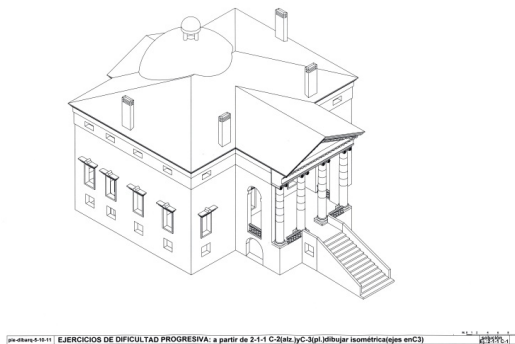


Fig7. Ej. 1-2-1 C-1 Isométrica Villa Chiericati 2011 Moodle/OCW

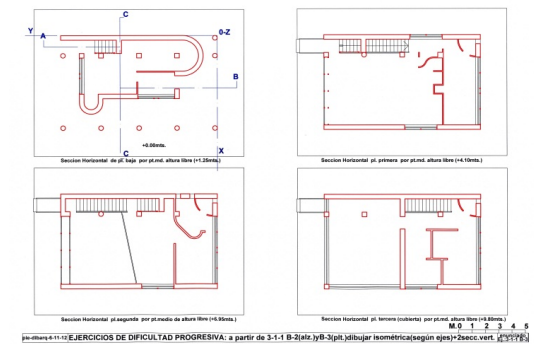


Fig8. Ej. 1-3-1 B-3 plantas Casa Citrohan 2011 Moodle/OCW

c). Resultados y/o conclusiones.

Se realizaron encuestas, sobre el grado de satisfacción con los ejercicios planteados en base a los nuevos modelos, a los alumnos de los 11 grupos de las asignaturas de dibujo Arquitectónico I y II de primer curso de la Escuela Universitaria de Arquitectos Técnicos de Madrid, durante los cursos 2010, 2011 y 2012, con unos resultados muy satisfactorios, de los que hemos publicado en las plataformas Moodle y OCW, algunos de los más representativos.

Se ha hecho la Publicación en Moodle y OCW de U.P.M. de la encuesta a los alumnos de los grupos de D.A.I y II del año 2011.

Ante los buenos resultados obtenidos, se siguen realizando ejercicios similares, para su futura publicación en las plataformas correspondientes. Su aplicación en clase por el Grupo de Innovación PIE-DIBARQ-06-11-12, supone un impacto muy positivo en la visión espacial de los alumnos de la EUATM y un mejor conocimiento de los sistemas de representación, y el uso de ejercicios de dificultad progresiva facilita la evaluación continua



Hay una gran adecuación de los nuevos modelos desarrollados y publicados en las plataformas virtuales mencionadas, a las enseñanzas de Dibujo Arquitectónico I y II.

Se han aplicado los nuevos modelos desarrollados al aprendizaje activo en las enseñanzas de Dibujo Arquitectónico I y II, a través de encargos a los alumnos de estudiar y desarrollar los ejercicios publicados, y presentación posterior al profesor de sus grupos, como ejercicios desarrollados fuera del aula.

Se ha comprobado que los ejercicios publicados en la plataforma correspondiente, se han utilizado por los alumnos, y en número elevado, ya que prácticamente todos los alumnos del grupo correspondiente, han presentado los ejercicios resueltos.

El uso de estas nuevas tecnologías ha implicado que tanto la búsqueda de los datos como el desarrollo de los ejercicios, han sido realizados de manera más rápida, y sin casi consultas por parte de los alumnos.

Hemos comprobado que la existencia de las tecnologías adecuadas y/o la existencia de nuevas tecnologías faciliten la representación gráfica, y su transmisión tanto para el alumno como para el profesor.

Análisis/Evaluación de los resultados obtenidos: los gráficos aportados, que solo son parte de los obtenidos, representan un resultado muy satisfactorio, que incita a seguir con este procedimiento.

Ante los buenos resultados obtenidos, se siguen realizando ejercicios similares, tanto de diseño propio del equipo PIE-DIBARQ, como arquitectura de diseño de reconocidos arquitectos, así como el estudio de monografías afines a las asignaturas de Dibujo Arquitectónico, de las que la más interesante por su aplicación inmediata para la enseñanza de estas disciplinas, es el "estudio histórico de la vivienda unifamiliar en su representación gráfica", de las que esperamos su futura publicación en las plataformas correspondientes.

d). Referencias bibliográficas

CHITHAM, Robert, *La arquitectura histórica acotada y dibujada*, 1982 ed, G.G. S.A. 119 pag. Fot. Y dib. Barcelona 1982 ISBN 968-6085-580

Direcciones URL

Equipo Pie-Dibarq-04-09-10,-05-10-11,-06-11-12, 2010-2011-2012, *Dibujo Arquitectónico I y II*, UPM, 17mayo2012 21.00h.

<http://www.google.es/#hl=es&gs_nf=1&cp=3&gs_id=28&xhr=f&q=ocw&pf=p&output=search&scient=psy-ab&oq=ocw&aq=0&aqi=g4&aql=&gs_l=&pbx=1&bav=on.2.or.r.qc.r.pw.r.qf.,cf.osb&fp=e90d899a5f40c2c8&biw=1404&bih=641>

<<http://www.upm.es/institucional/Docentes/e-Edu/OpenCourseWare>>

<<http://ocw.upm.es/dibujo>>

<<http://ocw.upm.es/dibujo/dibujo-arquitectonico-i>>

ORTIZ SANZ,, Joseph Francisco, presbítero de orden superior, *Los cuatro libros de Arquitectura de Andres Palladio , Vicentino, traducidos é ilustrados con notas*, Madrid en la imprenta real. siendo regente D.Pedro Julian Pereyra, impresor de cámara de s. m. 1797.

PALLADIO, Andrea, *Los 4 libros de arquitectura de Andrea Palladio*, ed. Consejería de cultura y Turismo, Comunidad de Madrid, ISBN: 8497730739

LOS QUIOSCOS DE MUSICA COMO APLICACIÓN A LA ENSEÑANZA DE LA REPRESENTACIÓN DE LA ARQUITECTURA CONSTRUIDA.

José OSANZ Y DIAZ

Universidad Politécnica de Madrid
Departamento de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación

Abstract:

The architecture sets the physical environment in which we move, and where human activity takes place, so your pictures help to understand the landscape around us. In this interpretation we should differentiate the architecture built, (and looks all around) and found in time of creation (design and implementation)

The study of architecture in its various objects is the necessary vehicle to transmit knowledge, to reproduce and preserve data, and in general use both for study and for their future design and conception, and taking into account the most relevant and prominent, and identify the objects to be studied, developed and operated for identifying, confirming its fidelity with the physical reality of the buildings, with emphasis on material and perceptible reality, with maintenance of its attributes and appreciation of the scale, assessment and citizen

COMUNICACIÓN:

1) Introducción :

La arquitectura configura el entorno físico donde nos movemos, y donde se desarrolla la actividad humana, por lo que sus imágenes ayudan a entender el paisaje de nuestro alrededor. En esta interpretación deberíamos diferenciar la arquitectura construida, (ya se ve a nuestro alrededor), y la que se encuentra en período de creación, (diseño y ejecución).

El estudio de la arquitectura en sus distintos objetos, es el vehículo necesario para poder transmitir conocimientos, reproducir y conservar datos, y en general usarlos tanto para fines de estudio como para su futuro diseño y concepción, y teniendo en cuenta los elementos más relevantes y destacados, y que identifican los objetos a estudiar, desarrollando como se opera para realizar la identificación, confirmando su fidelidad con la realidad física de los edificios, con énfasis en la realidad material y perceptible, con mantenimiento de sus atributos y apreciación de la escala real, y de apreciación ciudadana,

En los 29 años que llevo de docencia e investigación dentro del campo de la Expresión Gráfica de objetos arquitectónicos, y del Dibujo Arquitectónico como su aplicación, con las correspondientes toma de datos o levantamientos de planos, y las representaciones y presentaciones gráficas, me han llevado a elaborar estudios de distintos y variados objetos arquitectónicos, como bancos, fuentes, portales de edificios, miradores, bocas de metro, elementos decorativos en fachadas etc. en los espacios públicos dentro de la ciudad o su entorno, analizando las características de cada uno de ellos.

De entre todos los objetos que se han usado para este fin, sobresale por idóneo: "el quiosco de música" por ser un objeto asequible, al estar en un lugar de acceso libre, con unas dimensiones controlables, con unos espacios definidos y fácilmente asimilables, por los materiales usados en su construcción, por existir en gran número y en casi todos los lugares, y sobre todo porque permite utilizar para su definición gráfica los distintos sistemas de representación y de presentación arquitectónica. También mi afición a la música, de la que participé formando parte de un conjunto en los años 60, me incita a su estudio.

El quiosco de música forma parte de los objetos arquitectónicos reconocidos popularmente, como propios, ya que forman o han formado parte de las vidas de generaciones de usuarios de los espacios públicos, con una imagen reconocible y que forma parte de lo que identifica a cada localidad en la que existe. La situación actual de falta de datos, conocimiento e información sobre los quioscos de música, ha creado la necesidad de realizar un trabajo de investigación, con el objetivo de aportar lo que ahora falta, y crear las bases de futuros trabajos, profundizando en los conocimientos sobre esta materia y/o generando conocimiento en lo relacionado con ella.

2) Objetivos :

Efectuar un estudio uniforme a los objetos arquitectónicos, tales como los Quioscos de Música, con una obligada aplicación automática de variables y rasgos del objeto, (geometría, proporción, elementos formales, ubicación, detalles etc.) que se pueden convertir en patrones esquemáticos, lógicos, y repetitivos, y que configuran la imagen a nivel de su reconocimiento, porque las reducciones efectuadas sean siempre las mismas, y están determinadas no por el objeto ni por su representación, sino por las características del instrumento o forma de estudiarlo.

Aplicar a la enseñanza de Dibujo Arquitectónico estos elementos singulares, pues se beneficia de su accesibilidad libre, ya que son objetos situados en espacios públicos, con acceso libre, y de su especial



configuración arquitectónica, pues constan de los elementos básicos de la arquitectura, como son la basa, el cuerpo y la cubierta, con formas materiales y volúmenes diversos. Todo ello permite usar el dibujo como elemento técnico de representación o como presentación de un objeto arquitectónico, usando los sistemas de representación adecuados.

3) Contenido:

Todos los quioscos son una parte de nuestro patrimonio cultural arquitectónico, y en algunos casos han servido de escenario, albergue, o localización de hechos de nuestra historia, dando una imagen de lo que la Comunidad es y/o se ha transformado. Se utilizan por tanto los sistemas de descripción que permitan identificar y analizar los quioscos localizados en función de los objetivos descritos, tal como se relacionan a continuación: Ubicación geográfica por Ortofoto, Imagen fotográfica, Memoria escrita, Documentos gráficos e Imágenes complementarias.

No se puede contar con estudios ni catalogaciones sobre la materia, al no existir bibliografía individual o de conjunto, aunque si hay ciertas monografías, artículos de revistas y alguna publicación general.

Hay que proceder a la toma de datos "in situ", realizar fotografías de ellos, mantener conversaciones con las personas encargadas de su mantenimiento, y con los servicios/personas de los Ayuntamientos donde se ubican, obteniendo en algunos casos datos/información de los constructores, los proyectos o diseñadores que los han ejecutado.

Posteriormente hay que desarrollar toda esa información, añadiéndole los datos/información obtenida a través de internet, o de fondos en bibliotecas.

Todo ello se realiza con los sistemas tradicionales de representación manual, o con apoyo en las nuevas tecnologías, como las representaciones gráficas con programas de Cad, tratamientos de textos, utilización del scanner para digitalización de documentos, fotocopiado de documentos, impresoras, etc.

Aparte del estudio de su ubicación en el espacio físico, y de las imágenes reales de la arquitectura construida, como la fotografía/fotogrametría de lo ya ejecutado, existe la información gráfica, que utiliza los Sistemas de Representación que ayudan a configurar la visión de la arquitectura, pero requiere una abstracción espacial, mental y gráfica, con la consiguiente formación de sus usuarios, y la presentación gráfica mediante dibujos de perspectivas, volumetrías, etc., con técnicas diversas como acuarelas, dibujo con plumilla, lápiz, etc., ya sea ejecutado manualmente, o más recientemente mediante los programas de Cad, (es decir por intermediación de herramientas electrónicas), complementados con los documentos de texto que determinan la arquitectura ya ejecutada.

Como bases de partida, y un mínimo acercamiento a los problemas y variables sobre la concepción o entendimiento de la arquitectura ejecutada, nos mostraría infinidad de formas de abordar lo relativo a los objetos Arquitectónicos sometidos a estudio (concepción, forma, función, uso, estilo, etc.)

Al aplicar un estudio uniforme a todos estos objetos arquitectónicos, se produce una obligada aplicación automática de variables y rasgos del objeto, (geometría, proporción, elementos formales, ubicación, detalles etc.) que se pueden convertir en patrones esquemáticos, lógicos, y repetitivos, y que configuran la imagen a nivel de su reconocimiento, no por que procedan reductivamente sino porque las reducciones efectuadas sean siempre las mismas, y están determinadas no por el objeto ni por su representación, sino por las características del instrumento o forma de estudiarlo..

Uno de los problemas que se han planteado siempre es el que se deriva de la forma de representar la arquitectura construida, ya que mediante las proyecciones ortogonales, se concibe como acumulación de elementos yuxtapuestos, sin entender la continuidad real y tridimensional del espacio, que se puede reconducir con la aplicación de otras técnicas.

El estudio de la arquitectura en sus distintos objetos es el vehículo necesario para poder transmitir conocimientos, reproducir y conservar datos, y en general usarlos tanto para fines de estudio como para su futuro diseño y concepción, y teniendo en cuenta los elementos más relevantes y destacados, y que identifican los objetos a estudiar, desarrollando como se opera para realizar la identificación, confirmando su fidelidad con la realidad física de los edificios, con énfasis en la realidad material y perceptible, con mantenimiento de sus atributos y apreciación de la escala real, y de apreciación ciudadana, no como un consumismo pseudo-culturalista y/o literario, manejando un nº de objetos que no estén idealizados ni descontextualizados, dentro de las mismas actitudes culturales, actualizadas, realistas y regionales.

Se pretende una máxima objetividad en cualquiera de las descripciones, ya que no se pretende opinar sobre lo representado, sino que su estudio reflejara lo existente, dejando para la posible evaluación y conclusiones posteriores, las posibles opiniones y observaciones sobre la realidad de los quioscos representados

En el proceso del dibujo de un edificio, conviene utilizar los tipos de dibujo apropiados para cada fin que se pretenda: Las plantas y/o secciones horizontales, que son los diagramas de definición y construcción del

edificio, con los que puede determinar su función, disposición de elementos, evaluar su tamaño. etc. así como la planta da un diagrama comprensible de un edificio, pero es una información limitada acerca de su carácter arquitectónico, que se complementa con las secciones, que dan idea de las plantas existentes de las alturas, inclinación de cubiertas y la altura del suelo en relación con el suelo exterior. Los alzados en este caso sustituidos por fotografías, completan el conjunto, ya que estos pasan a ser como la representación pictórica del edificio, siendo la representación más realista del conjunto.

Procedimiento de descripción del objeto arquitectónico: el Quiosco de Música en espacios públicos :

- A) su ubicación geográfica por Ortofoto E.1/500. Orientación Norte en su parte superior
- B) su imagen identificativa fotográfica, tal como se le ve, e identifica normalmente
- C) memoria escrita con apartados en su texto como:

Tipo de quiosco: con/sin sótano, plataforma con su geometría de contorno, y cubierta

Fecha de su construcción

Autor si se conoce, o sino se pone diseñado por los servicios técnicos, o de catálogo

Descripción general de su ubicación, estado, modificaciones etc

Composición arquitectónica/elementos formales, proporción etc.

Sistema constructivo/materiales

Usos actuales/anteriores

D) documentos gráficos, con los tres que permiten definirlos arquitectónicamente por forma/escala/volumen/cotas etc., como son la sección horizontal (planta de plataforma), la sección vertical central (sistema europeo de proyecciones), y la planta de cubierta, con una escala gráfica que permite medir sin cotas que complican la visión, y con las medidas principales y/o superficies en la descripción escrita. E.1/200

E) imágenes complementarias, dibujos y fotografías con diversos detalles y vistas.

Aparte de estos tipos clásicos de dibujos de un edificio, existen otros tipos de proyecciones que pueden ser útiles para ilustrar la naturaleza de algunos edificios.. Estas pueden ser las axonometrías, perspectivas cónicas, maquetas, videos, detalles, etc.

En cuanto a la composición en las presentaciones, es mejor acudir a esquemas sencillos, con visualización rápida y completa, para no perder la visión de conjunto, si se puede en un solo soporte para cada tipo de presentación. (ortofoto y fotografía identificativa, textos, dibujos, detalles fotográficos), completando así la información de cada objeto arquitectónico estudiado.

Descripción de los elementos constitutivos del quiosco de música tipo con esquema/sección vertical de un quiosco con sus elementos constitutivos (Fig. 1): 01-Coronación, 02-Cubierta, 03-Estructura, 04-Alero, 05-Crestería, 06-Ménsulas, 07-Falso techo, 08-Arquería, 09-Soportes, 10-Baranda, 11-Plataforma, 12-Escalera, 13-Zócalo, 14-Semisótano, 15- Lucerna

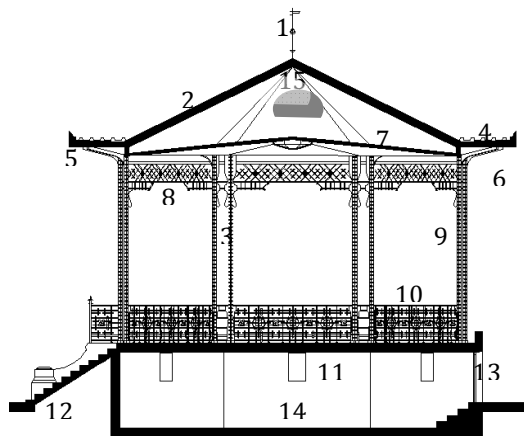


Fig.1- Esquema/sección vertical de un quiosco tipo con sus elementos constitutivos. 2006. Dibujo del autor de la comunicación



Lo más habitual es que se cree una plataforma octogonal elevada sobre un zócalo. Sobre ésta arrancan unas delgadas columnas, generalmente ocho, que soportan la cubierta del quiosco. Este es el esquema general sobre el que se suceden las variaciones, en especial en la cubierta, con estructuras/materiales variados, como el hierro o la madera, con funciones resistentes en el hierro o de recubrimiento interior en la madera, dada su facultad de absorción del sonido sin apenas rebotarlo.

También presenta muchas variaciones el acceso al quiosco, diseñando especialmente para la ocasión una escalera de piedra o de hierro, o el calado de los antepechos y los arcos.

La necesidad de cumplir la función de emisión sonora y visualización, para oír y ver desde cualquier posición exterior, se solucionaba con una estructura tipo de basa elevada, columnas de poca sección, que permiten estructuras diáfnas y sin ángulos muertos, con rapidez de ejecución, que ahora se pueden fabricar y en grandes cantidades por la ventaja de la industrialización. Cubiertas que protejan de las inclemencias del tiempo a los primeros protagonistas, (los músicos), así como conseguir una caja de resonancia que permita la emisión del sonido hacia el exterior. Se aplican en todo ello los sistemas de la Arquitectura del Hierro, que ya se habían empleado en Edificios como el Price de Madrid de 1880, la Plaza de Toros de Madrid de 1874, el Palacio de Cristal del Retiro de Madrid de 1887 etc.

Respecto a la proporción, la Arquitectura tiene reglas y principios específicos para la perfecta y proporcionada combinación de las partes, lo que transfiere a la Arquitectura la idea "cuasimusical" de un orden armónico. El primer paso es tomar un módulo a partir del cual se hallaran las restantes magnitudes, lo que la relaciona con la Matemática. Pero las teorías de la Proporción no afectan a la esencia de la Arquitectura. Entre ellas podemos mencionar el denominado "número de oro" (sección aurea). Otra actual es "El Modular" de Le Corbusier. La actual crítica arquitectónica no niega su utilidad, pero dicen poco en cuanto a su significación estética. Lo mejor es hacer una síntesis de ellas eligiendo los aspectos más positivos y que arrojan luz sobre el hecho arquitectónico. Para la investigación se ha considerado la proporción de los quioscos como la relación: alto soportes/luz entre ellos (H/L) como la parte representativa del todo.

La necesidad de cumplir la función de emisión sonora y visualización, para oír y ver desde cualquier posición exterior, se soluciona con una basa elevada (Plataformas), columnas de poca sección, (Soportes) de fundición, hierro colado, hormigón, ladrillo o incluso madera, que permiten estructuras diáfnas, sin ángulos muertos, con rapidez de ejecución, que ahora se pueden fabricar y en grandes cantidades por la ventaja de la industrialización, y sistema de cubrición (Cubiertas), que protejan de las inclemencias del tiempo a los primeros protagonistas, (los músicos), así como conseguir una caja de resonancia que permita la emisión del sonido hacia el exterior.

Todo este conjunto de elementos formales y su composición, están representados con dibujos como el medio de expresión más idóneo, usando en este caso los sistemas de representación propios de la arquitectura, es decir dibujos en planta/alzado/sección, que permiten determinar la relación exacta entre las partes y el todo, con su geometría, simetrías, jerarquía de espacios y sus dimensiones (cotas), así como los acabados y materiales que los forman.

Se ha dividido el estudio de la tipología por su Composición/Elementos formales en tres partes, que se corresponden con las tres partes más significativas de los quioscos, (lo mismo que en la columna son basa, fuste y capitel), como son:

a) Plataforma, representada como una sección horizontal con su geometría de contorno, desde la planta circular a las poligonales (rectangulares, cuadradas, octogonales etc.), y con la sección horizontal del cuerpo central o soportes que sustenta la cubierta.

b) Sección vertical, (con los soportes como parte más significativa), representando las alturas y plantas que definen el quiosco con sus sistemas constructivos, así como su utilización para desde su configuración manifestar la proporción entre las partes más importantes que definen al Quiosco de música y que son la luz entre soportes/columnas y su altura desde la plataforma a su terminación al comienzo de la cubierta.

c) Cubierta, representada por su vista superior en planta, donde se aprecian las formas de su contorno, normalmente coincidente en forma con su plataforma, así como las vertientes (aguas) que la forman.

Son los elementos formales/constructivos más comunes en los diseños en general, independientemente de la ausencia de alguna de estas partes, de la época de construcción del quiosco, o donde se ha realizado. La orientación del acceso/escalera no suele seguir criterios de los puntos cardinales como el Norte, por lo que su colocación en los documentos gráficos sigue criterios de ordenación de los Sistemas de Representación, con la sección vertical por el centro de cubierta y escalera, y con la utilización del Sistema Europeo de Representación. Si se conoce la orientación se suele poner con una flecha orientada al norte (hacia arriba en los planos correspondientes).

Imágenes de un quiosco real situado en Las Rozas de Madrid, con ejemplo del proceso que se sigue para su estudio y representación:



Fig.2-Ortofoto/situación quiosco.2006.Autor comunicación



Fig.3-Visa general.2006.Foto del autor de la comunicación

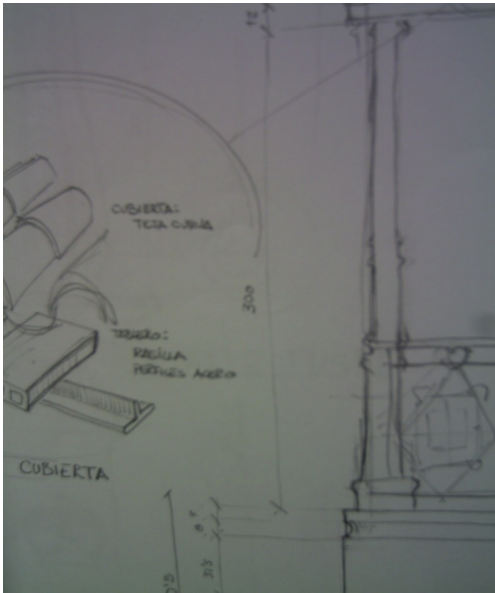


Fig.4-Croquis detalle alzado+tejas, 2006. Autor comunicación

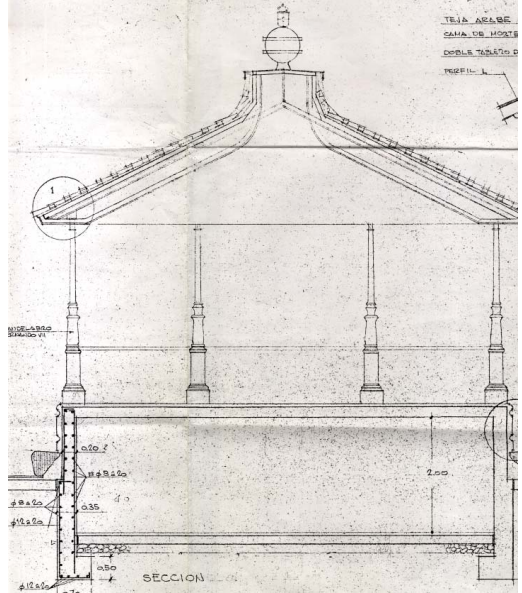


Fig.5-Delineado manual sección.1987.Servicios municipales,

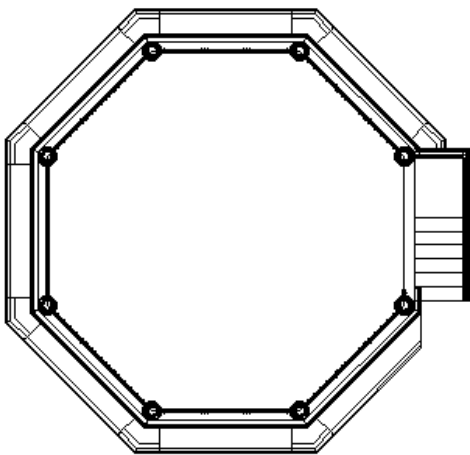


Fig.6-Planta E.1/100 desde 3D en CAD. 2006. Autor comunicación

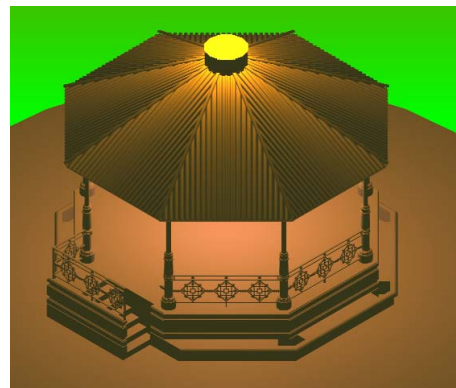


Fig.7-Isométrica desde Cad. 2006. Autor comunicación





Fig.6 -Acuarela de perspectiva , 2006. Autor comunicación

4) Conclusiones:

La tipología de los quioscos de música es variada, y con propuestas diversas, incluso teóricas, (de los que no se han llegado a construir, o no se diseñaban con ese fin), con tendencias de diseño similares a las que existen en la arquitectura como disciplina artística, por lo que los quioscos son una muestra de arquitectura real, que cambia con los tiempos y los diseñadores, lo que permite y ayuda a los alumnos a tomar contacto con la arquitectura real diseñada por profesionales de la arquitectura, configurando su formación tanto desde el entendimiento de un objeto arquitectónico existente, como con la utilización de los distintos sistemas de representación manuales o desde CAD.

Solo los quioscos construidos por casas especializadas, que ofrecen formas y materiales según catálogo, tal y como ocurría a finales del siglo XIX, o en algunos casos concretos se han ejecutado actualmente en determinadas localidades, presentan elementos que se pudieran considerar una forma de invariante, dentro de dichos catálogos, como pueden ser la columnas/soportes tipo Fernandinas. Estos encargos a casa especializadas suelen producirse por parte de los Servicios Técnicos de los Municipios, que de todas formas modifican buena parte de lo suministrado por dichas casas, adaptándolo a su ubicación, zona o localidad, en función de sus sistemas constructivos o gustos personales. Este es el caso que se presenta aquí como ejemplo. Pero algunos quioscos se han construido por la idea de acercamiento entre ciudadanos, ejerciendo una labor de focalidad, con imagen de cercanía y de cierta nostalgia de algo ya casi inútil, y como representatividad de los organismos que quieren dar a sus vecinos algo que se considera con reminiscencia de lo que representaron en épocas liberales, similar a los edificios representativos más elaborados que existen en los núcleos urbanos.

Un tema interesante y que merece la pena de su estudio gráfico por parte de los alumnos es la estructura variada y muy clara incluso visualmente, que se encuentra en estos objetos arquitectónicos, pues en soportes y las cubiertas de los quioscos existe una gran variedad de tipología y de estructuras sustentantes de estas, desde las simples formas piramidales con pares inclinados radiales hasta los zunchos que rodean el quiosco y apoyan en los soportes que configuran su contorno sin utilización de tirantes entre estos, o hasta los que utilizan tirantes horizontales o inclinados, para conseguir una mayor estabilidad del conjunto de cubierta, y las más complejas estructuras de cubierta formadas por cerchas de diversos tipos y gran impacto visual si quedan vistas, lo que puede llegar a contradecir la idea de caja acústica, todo ello complementado con estudios gráficos de detalles de nudos, apoyos, perfiles, etc. como elementos constructivos, con sus dibujos, imágenes etc. como ocurre en las disciplinas de Dibujo Arquitectónico I y II, y después en Detalles Dibujo Arquitectónico. Oficina Técnica, y Proyecto Fin de Carrera en las escuelas de arquitectos técnicos en España.

Referencias bibliográficas

- Chitham, Robert. *La arquitectura histórica acotada y dibujada*. (1982). Barcelona: Gustavo Gili S.A 119 pg. ISBN 968-6085-580
- GER y LOBEZ, Florencio, *Manual de Construcción Civil*, ed. La Minera Extremeña, Badajoz, 1915, 2º ed. LAMINA XLI, XLII y texto Capítulo VIII pg. 546
- Des Kiosques à musique– Bandstand <<http://www.Kioska.musik.free.fr/Europa.htm...sistemap.htm> 25-my-2007(FRA)>
- CARROGGIO, Fernando, dir.coord. et al, *Historia del Arte, Diccionario de Arquitectura*, Tomo IV, pag 301-333, ed. Carroggio, Barcelona, 1986, 8 Tomos.S.A. VIII Tomos, Barcelona, 1986, AA.VV, depósito legal:B.20.077/86 I.S.B.N.84-7254-315-3
- LASEAU Paul, *La expresión gráfica para arquitectos y diseñadores*, ed. Gustavo Gili S.A. MEXICO DF , y BARCELONA 1982, ISBN 968-6085-57-
- SAINZ Jorge, *El Dibujo de Arquitectura, Teoría e Historia de un Lenguaje Gráfico*, ed. NEREA SA , 1990, ISBN: 84-86763-32-0

ANÁLISIS DEL ESPACIO CENTRAL EN LAS VIVIENDAS DE FERNANDO HIGUERAS, A TRAVÉS DE SU OBRA GRÁFICA

Marta PEREZ DE LOS COBOS CASSINELLO
Santiago LILLO GINER
Ángeles RODRIGO MOLINA
Gonzalo DÍAZ-PINÉS PÉREZ

Universitat Politècnica de València
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica.

The purpose of communication is the analysis of architectural production in housing Fernando Higuera, in his first professional stage, 60's and 70's through the study of his drawings and models. Analysis of the central space through the radial and centrifugal plant. Past experiences and influences later.

In the study of the evolution of single-family homes since the early twentieth century until today, calls attention the various attempts and incursions in the ways of inhabiting rooted in primitive models which are based on typologies based on huts, caves or caverns; In short, they speak of living spaces where there is a center, and usually it tends to be home, or from what modernity means the living area. This center is not only a functional center in which the use of the house, their communications and routes, both the horizontal and vertical planes, rotates and moves around that space, but also a center geometry.

VIVIENDAS NO CONSTRUIDAS

Comienza Fernando Higuera su andadura profesional dando respuesta a un concurso para el Premio Nacional de Arquitectura en 1960, al que se presentan diferentes propuestas entre ellas el equipo ganador formado por Javier Barroso L. De Guevara y Ángel Orbe Cano. El accésit será para Higuera.

Las bases del concurso plantean un complejo, formado por diez viviendas para artistas en el monte de El Pardo, en Madrid, en la ladera de una loma, con orientación Sur, bien protegida de los vientos del norte.

Fernando Higuera responde con un proyecto tremendamente atractivo, en el que se descubren referencias formales de la arquitectura de Coderch y de la coherencia constructiva de Félix Candela.

A raíz de este concurso dice Higuera

"(...) que no es delito buscar deliberadamente una plástica arquitectónica en edificios singulares de este tipo; que los concursos nacionales son adecuados para plantearse nuevos problemas y ensayar nuevas soluciones(...)". Higuera 1960.

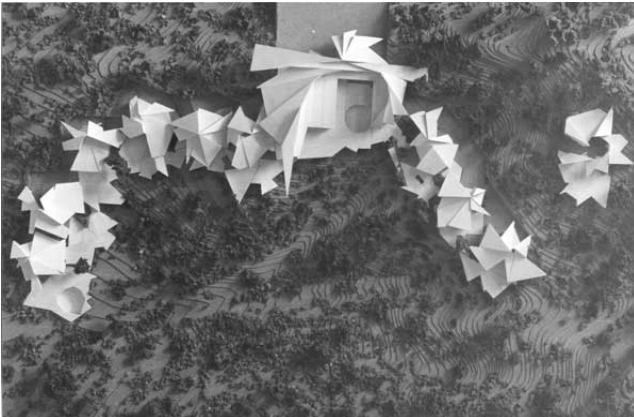


Figura 2. 10 Residencias para artistas. Ordenación general. 1960.

Se trata de 10 viviendas de igual superficie. 100 metros cuadrados. Todas diferentes aunque todas se generan igual; esto es, fragmentando un cuadrado de 10m. de lado en ocho partes, con ángulo interior desigual y longitudes no iguales, formando sectores. Sectores que configuran las cubiertas de cada de una de las estancias, que al permitir la entrada de luz cenital, dan también una cualificación plástica a los espacios desde el interior. Es muy interesante como entra la luz, en los planos verticales, aprovechando los cambios de



plano de estos sectores anteriormente explicados, para producir entradas de luz deslizantes por el muro, luces indirectas, que evitan brillos y luces de frente.

Es curioso que partiendo de situaciones y premisas iguales se huya de todo interés de seriación, llegando a conseguir 10 soluciones similares pero totalmente diferentes. Es muy curiosa la relación que establecen unas viviendas y otras, no evidenciándose desde el exterior donde empieza una y donde acaba la otra. Y como entre las viviendas se produce una zona común de relación, que está también en perfecta sintonía con el aspecto formal de las viviendas.

El sistema constructivo es claro. Muros de carga y cubierta y en los dibujos se percibe mucha coherencia entre sistema estructural, sistema constructivo y sistema formal resultante que es tremendamente sugerente. La solución constructivo-estructural para las cubiertas es realmente interesante. Se plantea siempre que la altura del tetraedro es perpendicular a la base del tetraedro, definida esta base por dos vigas horizontales que configuran las dos aristas. Las caras inclinadas son ciegas y sirven de soporte al material de cubierta, las caras verticales de los tetraedros.

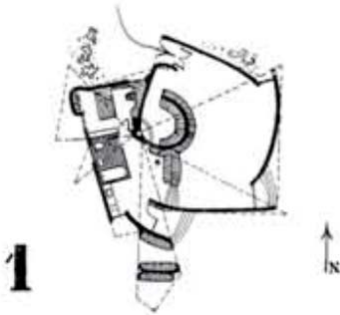


Figura 3. 10 Residencias para artistas. Ejemplo de formación de una de las viviendas.

Todo deriva de una concepción centralizada del espacio, en este caso centrífuga, y que por su configuración radial necesita un sistema de muros, correspondiéndose con los radios, que se enfatiza con la entrada de luz rasante a lo largo de los muros radiales.

El resultado formal responde a temas constructivos y espaciales. Aparece de nuevo la idea de centralidad, de espiral y de generación del conjunto por repetición de una figura, como lo hacía en la capilla funeraria o como surge en este proyecto como repetición de un determinado fragmento, solo que en este proyecto el sistema de orden desaparece y transformando cada fragmento, haciéndolo diferente en cada caso, consigue otro tema especialmente importante que es el movimiento y el dinamismo. Clara influencia de la arquitectura de Wright y establece relación con las obras de Coderch.

Si que es interesante, y viene bien a colación, la crítica que al proyecto hizo en su día José de Castro Arines, y que aparece reflejado en el libro que posteriormente escribió dentro de una serie titulada Artistas Españoles Contemporáneos, y que por su interés lo transcribiré.

*"(...) La obra de Higuera presentada aquí justifica la necesidad de los Premios Nacionales, aunque su fortuna no haya sido de relumbrón en la ocasión que comentamos. En la obra de Higuera la arquitectura se integra en la tierra en medida igual que lo hace el hombre; se explica en ella, de ella vive, a sus cumplimientos y exigencias se amolda. Es una obra flexible y abierta, inspirada en importantes conquistas de las construcciones populares, concebida como un todo armónico, plena de vigor, cada pieza en su individualidad, distintas ellas en su ordenación, tanto como semejantes en la fortuna de su acierto constructivo y expresivo"*²

En el año 1962 y a través de Pedro Massieu recibe el encargo para realizar la que se llamará Casa Wuthrich. Vivienda proyectada para ser construida en Papagayo, Lanzarote, en un emplazamiento con una topografía muy accidentada. Las condiciones del proyecto son descritas por el propio arquitecto:

"Residencia de gran lujo de espacios para un banquero suizo, situada sobre una punta avanzada sobre el mar, en la isla de Lanzarote. El propietario dio libertad absoluta en el proyecto y sólo exigió que los dormitorios no fueran menores de 40 metros cuadrados cada uno. El programa pedía dos dormitorios para el dueño y otros dos para invitados, con sus correspondientes zonas independientes de comer, estar, servicios,

² CASTRO ARINES, JOSÉ DE. Fernando Higuera. Serie Arquitectos Españoles Contemporáneos. Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid. 1972

etc. La zona noble, en parte semienterrada en el terreno, se abre radial mente al mar mediante amplias terrazas con rincones protegidos de los vientos. La zona de dormitorios, en torno al patio central, tiene acceso directo desde el mismo o desde la planta inferior, indistintamente. Cada dormitorio posee un amplio vestidor, un cuarto de baño, patios interiores y terrazas abiertas al mar". (Higueras 1962).



Figura 3. Fotografía de la maqueta.proyecto. Casa Wuthrich. 1962. Colección digital politécnica.

Organizada en plataformas escalonadas descendiendo hasta llegar al mar. El acceso se produce por la parte superior, y con un recorrido lento, en sentido descendente se llega al mar, articulándose la vivienda a partir de un patio central que posibilita la iluminación cenital a través del techo del mismo.

Geoméricamente se divide el círculo en 14+14 partes. Posición aleatoria de las terraza, que permite la modificación de las mismas sin alterar el programa. Sistema de proyecto por adición de piezas.

Entran en relación las partes entre solido y vacío, y en la configuración del espacio circular y central, cobran igual papel lo lleno y lo vacío, lo interior y exterior.

El espacio circular se configura al mismo tiempo centrífugo y centrípeto. Es centrífugo, la vivienda se sitúa en lo alto de un acantilado y su giro lo expulsa hacia fuera y centrípeto porque interiormente el espacio queda encerrado en si mismo. Es el espacio central interior el que configura el proyecto dándole el aspecto formal que se muestra al exterior.

Vuelve a intuirse la generación del todo por agregación de unidades, siendo en este proyecto muy autónomas unas piezas con relación a las otras. Cada unidad está formada por dos sectores de círculo, en una se sitúa el dormitorio y en la otra los servicios ligados al anterior que son el vestidor y el baño. Se podría reducir el número de dormitorios o añadirlos sin alterar el conjunto, ni formal ni constructivamente.

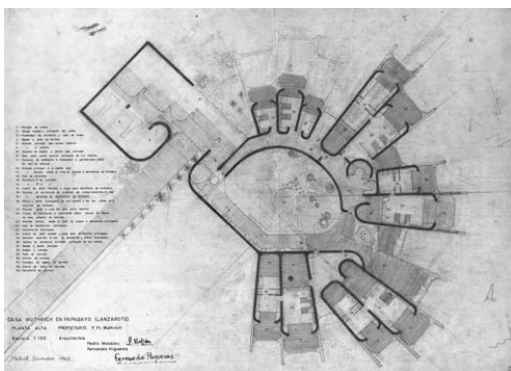


Figura 4. Planta Alta del proyecto. Casa Wuthrich. 1962. Colección digital politécnica.

VIVIENDAS CONSTRUIDAS



“...excepto la caprichosa casa Wulthrich, todavía sometida a geometrías circulares, supone un magnífico ejemplo de adaptación y dulcificación de las premisas pioneras del racionalismo ortodoxo y constituyen sus más preciadas y admiradas creaciones”³

En 1962 Cesar Manrique le encarga su vivienda en Camorritos, en los alrededores de Madrid.

“Tenía hecha en Camorritos, en una ladera, un cuadrado de piedra de seis metros por cuatro. Entonces, claro, para conseguir mayor superficie, tendrías que rellenar y hacer unos muros de contención muy grandes. Entonces, si ya tenemos ese rectángulo, aprovechamos y ponemos dos vigas muy gordas y prolongamos a ambos extremos un tercio del lado mayor, con lo que en ese lado medirá diez metros, y apoyados en esas vigas potentes y en los muretes, saco unas vigas que vuelan cuatro metros, entonces los lados menores pasan de tener cuatro a ocho metros. Así, la planta pasó de tener (6 x 4) 24 metros a 80 metros, gracias a esta gran terraza volada. Y así, por 275.000 pesetas hice la primera obra de mi vida. Y ya nos hicimos amigos para toda la eternidad. Y a la persona a la que debo más en mi vida es a César Manrique”.⁴

Construcción orgánica, por lo apegada a la tierra, donde aparecen por primera vez amplias terrazas y también amplios aleros, elementos constructivos, que como veremos se repetirán a partir de este momento en sus viviendas, siempre que la protección frente al clima así lo imponga.

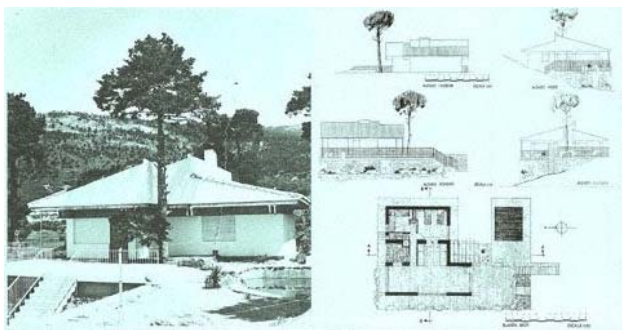


Figura 5. Vivienda para Cesar Manrique en Camorritos. 1962. Colección digita Politécnica.

La construcción de esta vivienda permitió, constructivamente hablando, el proyecto de la vivienda para Lucio Muñoz y Amalia Avia. Encargo que se produce en 1962, para realizarla en una parcela en Torreledones.

“Quiero que me hagas una casa que no parezca hecha por un arquitecto”

Proyecto por el que obtuvo la primera medalla de arquitectura en la nacional de bellas artes en 1966. Castro Arines, se refiere a ella como un hito en la historia arquitectónica de Higuera, muy positivamente criticada en sus días y que actualmente se encuentra catalogado por el DOCOMOMO⁵ ibérico.

³ Beguiristáin Repáraz, Iñigo, “La vivienda unifamiliar y la búsqueda del ideal orgánico. Una experiencia truncada”. Comunicación presentada al congreso: Los años 50: la arquitectura española y su compromiso con la historia. Celebrado en Pamplona en marzo del 2000.

⁴ Navarro Segura, Isabel. “Desde el origen. La arquitectura de Fernando Higuera”. Revista Basa n. 24. Página 16.

⁵ DOCOMOMO es la sigla de Documentation and Conservation of buildings, sites and neighbourhoods of the Modern Movement y se corresponde con una organización internacional creada en 1990 con objetivo de inventariar, divulgar y proteger el patrimonio arquitectónico del Movimiento Moderno.

La Fundación DOCOMOMO Ibérico, con sede en Barcelona, coordina la consecución de esos objetivos en España y Portugal. Desde el inicio de sus actividades, en 1993, DOCOMOMO Ibérico ha llevado a cabo numerosas iniciativas de documentación y estudio del patrimonio moderno en los territorios ibéricos que se han concretado en publicaciones, exposiciones, congresos y campañas de protección de edificios.

Vivienda singular, teniendo en cuenta lo que hasta ese momento se había hecho en España. Abierta a la naturaleza, con grandes terrazas y amplios aleros, que ya se habían iniciado en Camorritos.

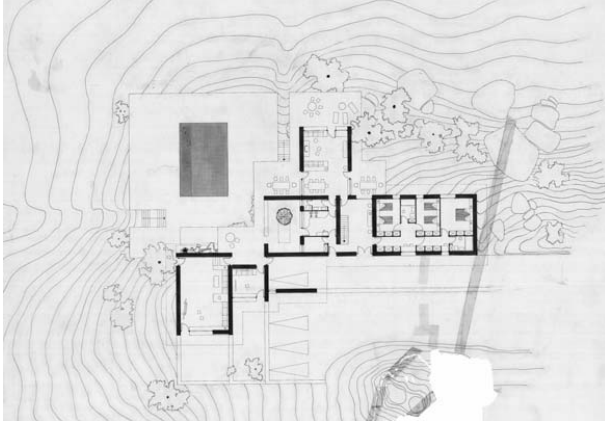


Figura 6. Planta y fotografías de la casa para Lucio Muñoz. 1962. Colección Digital Politécnica.

A partir de esta vivienda surgen los encargos de las viviendas Antonio Martínez Santonja a las afueras de Madrid, y la de Manuel López Villaseñor, en Arroyo de Trofas, muy cerca de la de Lucio Muñoz, que resolverá de manera similar a la de esta, lo mismo hará con la vivienda para Andrés Segovia en Punta de la Mona, Granada.

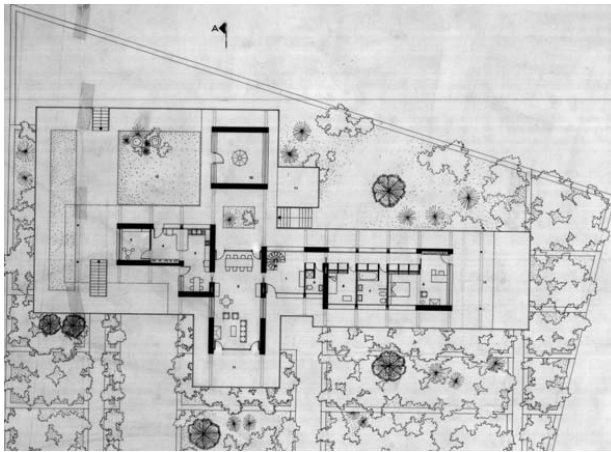


Figura 7. Casa Santonja. Planta Baja. 1964. Colección Digital Politécnica.

La vivienda Martínez Santonja, construida en 1964, también incluida en el catálogo del DCOMOMO ibérico, surge de un programa muy sencillo, residencia para un matrimonio sin hijos y un estudio de ingeniería, en una parcela con vistas a la casa de Campo. Se sitúa el estudio en un semisótano con lo que se gana altura para el programa de vivienda, que se plantea como un gran balcón para tener mejores vistas.

La vivienda para Andrés Segovia, proyectada en 1965, en Granada en una urbanización costera llamada Punta de la Mona, responde de nuevo a un tipo de vivienda muy en la línea de los desarrollados por Wright en sus casas de la pradera.

La planta deja intuir un espacio continuo, que se genera desde el centro que es la zona de estar, como no podía ser de otro modo, y se expande hacia las habitaciones, la cocina...y estas a su vez se diluyen a través de las terrazas y los aleros en el espacio exterior, que parece que intenta que el exterior sea parte del interior.

Lo más valioso de todas estas viviendas es su diálogo con el lugar. Las terrazas y sus vuelos posibilitan diferentes encuentros con el



terreno, aumentan las zonas de sombras y ganan espacios exteriores que actúan como filtros de luz para el interior, del mismo que ya lo había hecho en el colegio Estudio⁶.

Tienen todas las viviendas una característica común, es como si quisieran abrirse al exterior y hacer un continuo con el, y en ese modo de actuar en la persecución de los efectos buscados y en el rígido orden constructivo, muchas de ellas son como "casas de la pradera" de Wright, pero es una arquitectura mas doméstica, mas entroncada aún con el lugar, y con la creación de espacios, tanto exteriores como interiores, para vivir. Viviendas en las que la geometría es una herramienta con la que trabaja en todas las direcciones, que le permite aprovechar las buenas orientaciones y protegerse de las malas.

Todas las viviendas se adaptan al terreno, y se extienden sobre él de forma orgánica a la manera de Aalto, pero buscando unidad formal a través de las cubiertas a la manera de Wright. Es interesante que la forma carece de importancia, es solo el resultado de la creación de espacios y de la adaptación al lugar.

La Casa Caparrós, construida en los Peñascales, en Torrelodones en 1969, merece ser considerada a parte, por ser el único ejemplo de arquitectura circular dentro de todos sus proyectos construidos, a excepción del centro superior de restauraciones científicas⁷.

El proyecto se desarrolla según el esquema familiar de matrimonio y una hija, complementado esto con una habitación para unos posibles invitados.

Se resuelve con planta circular, en dos alturas y bajo cubierta. En la planta baja, todas las zonas comunes, con la zona de estar en el centro y es ese espacio central el que distribuye al resto de las habitaciones, en uno de estos espacios perimetrales está la escalera que baja al semisótano, donde se alojan las habitaciones. La estructura se resuelve con doce pórticos radiales, pilares de acero laminado y vigas y forjados de hormigón armado, que además se dejan visto, enfatizando aún más el círculo.

372

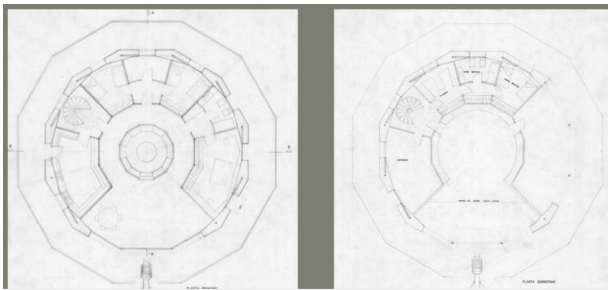


Figura 8. Casa Caparrós. Planta baja y semisótano.

Y ocurre como en todos sus proyectos circulares, el programa se genera desde el centro. La chimenea, como centro de la casa, lugar de reunión, donde está el calor, con reminiscencias de lo que era el antiguo hogar... esta se sitúa en el centro del círculo, de chapa metálica y sustentada por tres cables. Y sobre ella un lucernario, por donde se ilumina el espacio de la chimenea, enfatizando el centro. La cubierta de la vivienda es de teja árabe sobre doble tablero de rasilla, y confirma el interés de Higuera en el uso de las maneras tradicionales.

CONCLUSIONES

Se observa tras analizar y estudiar los proyectos y la obra construida en los primeros años de la andadura profesional del arquitecto Fernando Higuera, la diferencia que existe entre la arquitectura construida y la proyectada que no llega a construirse, o porque son propuestas presentadas a concursos que no son

⁶ Proyecto para el colegio Estudio, continuador de la Institución Libre de Enseñanza, y que realiza en el año 1962.

⁷ Proyecto para el Centro de Restauraciones Artísticas. Proyecto que lleva a cabo en 1961, junto a Rafael Moneo y Luis Roig D'Alós no construyéndose en ese año por falta de presupuesto, en 1965 se construirá un proyecto posterior, con una reducción del programa que llevará a cabo con Antonio Miró.

ganadoras, o porque aún siendo ganadoras no se llevan a cabo por un problema de presupuesto, ocurriendo esto también, como no podría ser de otro modo, en materia de vivienda.

Es en la obra no construida donde se hace más presente la investigación en torno al espacio central y como Fernando Higuera, siempre que pudo tuvo el interés de hacer realidad la experimentación llevada a cabo a lo largo de la historia en temas relacionados con la centralidad, oportunidad que no dejó pasar en las propuestas presentadas en los concursos de gran envergadura, conocidos por todos, y en la que es fácil establecer relaciones muy directas con arquitecturas generadoras de espacios centrales construidas a lo largo de la historia, desde los Tholos griegos, los panteones romanos, los teatros griegos y romanos, las iglesias paleocristianas, San Stefano Rotondo en Roma, San Vital en Rávena, Santa Sofía en Constantinopla..., la arquitectura árabe, la mezquita de la cúpula, las capillas y baptisterios románicos y góticos, la arquitectura renacentista, San Pedro del Vaticano, San Pietro in Montorio..., la barroca (Sant'ivo della Sapienza en Roma de Borromini, también con las arquitecturas propuestas en Francia en la ilustración por parte de Boullé Ledoux y Leque, y con la arquitectura del s. XIX, con Durán y sus influencias, y la arquitectura moderna: Wright en el templo unitario, en el museo de automóviles, en centro de ocio de Hollywood y en el Guggenheim, Louis Kahn en la biblioteca de Exeter, Le Corbusier en el Museo del crecimiento ilimitado y en Chandigar.

Son las viviendas un ejemplo muy claro de una arquitectura muy unida al lugar, donde cobra una especial relevancia la relación interior-exterior, que se hace presente en la manera de captar las vistas que la misma tiene del paisaje que le rodea, en la entrada de luz a los espacios de la vivienda, en los materiales utilizados que le hacen entroncar con la naturaleza, con la vegetación... a éstas se refiere José de Castro Arines como "*una de las más brillantes fases creadoras de Higuera*"⁸

Es muy interesante en la obra construida como la relación con el lugar y la calidad de los espacios, está siempre por encima de la tipología, de la pieza autónoma y exenta, que normalmente representa la arquitectura central.

Es interesantísimo el desarrollo gráfico de los proyectos que se han analizado en este estudio. La calidad de sus propuestas tienen mucha calidad gráfica, no solo en los planos de proyecto, sino también en los dibujos que pretenden expresar una idea o una cualidad espacial. Cuestión interesantísima, ya que en los años en los que se desarrolla su etapa profesional, la calidad gráfica, en muchos casos era clave, para su reconocimiento y valoración del posterior resultado.

Queda constatada en la obra de Fernando Higuera, en la que se producen dos formas tan dispares de hacer arquitectura, y como era capaz de hacerlas ambas con igual interés, de forma contraria a lo que es normal en la historia de la arquitectura; que los arquitectos desarrollan su arquitectura en base a los temas claves de la misma. El lugar, la mirada, la expresión, la luz, el programa, las relaciones, la construcción y solo en alguna ocasión el arquitecto experimenta con el espacio central como un reto, como algo por lo que todos han de pasar. Así lo hizo Leonardo da Vinci, Miguel Ángel, Andrea Palladio, Borromini, Bernini, Blondel, Claude Nicolas Ledoux, Otto Wagner, Frank Lloyd Wright, Louis Sullivan, Erik Gunnar Asplund, Walter Gropius, Bruno Taut, Mies van der Rohe, Le Corbusier, Eero Saarinen, Louis Kahn, Moore, Aldo Rossi, Oscar Niemeyer, Pei, Alvaro Siza, Rafael Moneo, Juan Navarro Baldeweg, Jean Nouvel, Ignacio Linazasoro, Norman Foster, Alberto Campo Baeza, Rem Koolhaas y muchos más.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRITO FERRAZ, Albert. "Fernando Higuera". Máster teoría e historia de la Arquitectura Universidad Politécnica de Catalunya. Enero 2011.

NAVARRO SEGURA, M^a Isabel. Desde el Origen. La arquitectura de Fernando Higuera, 5-35. Basa n 24. COAC. Las Palmas de Gran Canaria 2001.

BOTIA, Lola. Fernando Higuera. Xarait ediciones. Barcelona. 1972.

AMÓN, SANTIAGO. Higuera y Miró. NUEVA FORMAA n.65. 1971.

CASTRO ARINES, JOSÉ DE. Fernando Higuera. Serie Arquitectos Españoles Contemporáneos. Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid. 1972

⁸ En Fernando Higuera. Artistas Españoles Contemporáneos.



FRAMPTON, Kenneth. Historia crítica de la arquitectura moderna. Gustavo Gili, Barcelona, 1998.

FLORES, Carlos. Arquitectura Española Contemporánea. Aguilar, D.L. Bilbao 1961.

FLORES, Carlos. "Arquitectura Española 1929-1960: luces y sombras de tres décadas". Guía Arquitectura de España 1929/1996. Fundación Caja de Arquitectos. Barcelona, 1996.

PORCEL, BALTASAR. Fernando Higuera, en la originalidad. Un diálogo de Baltasar Porcel con los arquitectos españoles. JANO n.16 pp.21-25. 1974.

DE TORRES MAC. CRORY. Fernando Higuera. Artista total de la vida, libre e inagotable. ARQUITECTOS DE MADRID. n.02. Maestros.

FUNDACION COAM. Intexturas Estructuras. Catálogo de la exposición Madrid Fundación COAM. 2008.

MARTÍN MARTÍN. Rascainfiernos: espacios habitables bajo tierra. MASS CULTURA. n.5. 2007.

ZEVI, BRUNO. Saber ver la arquitectura. Editorial Poseidón. 5ª edición. Barcelona 1971.

VARIOS, Actas del congreso internacional: "Los años 50: La arquitectura española y su compromiso con la historia". Escuela Técnica Superior de la Universidad de Navarra. Pamplona 16 y 17 de Marzo de 2000.

ESIGENZE DESCRITTIVE PER L'ANALISI ARCHITETTONICA

Sandro PARRINELLO

Università degli Studi di Pavia ITALIA
Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura

Abstract

Drawing means to define some limits, to develop a way of interpretation of the space according to the thoughts and mental reasoning, through which objects can be studied, simplified, understood in connection with the context and represented in an essential way, in order to bring out useful features to the discussion that involves the activity of drawing. The scholars of the Drawing of Architecture are often remarking about those complex systems where history, anthropology, technology and many other fields of interest converge, at the present time even more extended by a great number of surrounding conditions which give to it the role of "container of containers".

The aim of the present paper is to propose a further consideration on the identity of drawing and on the role that the science of representation should have in order to develop and qualify activities to support the knowledge, where an analytical conception of architecture is not yet present.

Il disegno architettonico è codificato e normato al fine di uniformare il linguaggio espressivo in maniera tale da ottenere un modello interpretativo del costruito. Questo modello, che risponde al nome di struttura del luogo, diviene leggibile, all'interno degli elaborati tecnici, attraverso la composizione del sistema descrittivo ed attraverso l'attenzione riposta nell'analisi del dettaglio, nella variazione del particolare che le qualità dei materiali, dei sistemi costruttivi e delle componenti architettoniche in genere riportano nello spazio reale.

Il disegno, lettura critica delle vicende vissute, si articola attraverso le qualità legate al segno, alla grafia, al simbolo ed al gesto, per esprimere, quando attraverso una somiglianza al reale, quando attraverso una più complessa astrazione che manifesta in maggior misura la sintesi interpretativa, le particolarità e le complessità che connotano il sistema architettonico. La riflessione proposta dal presente lavoro è mirata a valutare non solo l'efficacia, ma anche l'attualità e le esigenze imposte negli ultimi tempi al mondo della rappresentazione architettonica, del disegno architettonico, considerando le sempre più numerose applicazioni che riguardano l'interazione tra i disegni ed i modelli (nel campo dell'infografica) e cercando di capire il ruolo che il limite riveste oggi in queste pratiche per il progetto.

Disegnare comporta definire dei limiti, sviluppare delle letture che ordinano lo spazio secondo dei ragionamenti mentali, per i quali gli oggetti vengono studiati, semplificati, compresi in relazione al contesto e ripresentati in forma essenziale, al fine di fare emergere caratteristiche utili alla discussione che ha luogo nel disegno stesso.

Ogni segno sul foglio è un limite che separa spazi vuoti del disegno, ai quali (ne consegue) poi un'attribuzione di forze, di pesi, ritmi che animano lo spazio piano, nullo, della tavola grafica, nella mente di chi osserva il rappresentato. Sono presenti poi, all'interno di una rappresentazione del percepito, limiti che non riguardano esclusivamente il carattere grafico, limiti non deducibili dalla relazione proporzionale suggerita dal foglio, ma che riguardano l'assenza, la mancanza. Demarcano in grado di esplicitare una restrizione percettiva dell'analisi nell'approfondimento della lettura del testo. Il disegno, nell'atto di interpretare l'oggetto, si scontra con un deficit approssimativo che evidenzia un limite nell'avvicinamento dell'immagine al reale. Questo deficit evidenzia il limite percettivo, il limite espressivo, da un punto di vista grafico perlomeno, che l'analisi riporta.

Osservando un disegno l'attenzione si concentra sulla codificazione dei segni presenti all'interno del foglio, sul riconoscimento e sull'interpretazione, cercando di distribuire le informazioni presenti all'interno di una struttura logica (per chi legge) in grado di chiarificare la consequenzialità delle descrizioni sul sistema rappresentato. Questo ordine mentale cercherà di rispondere ad una serie di domande, prima le più semplici, alle quali si può trovare risposta anche solo in un titolo, che riguardano l'argomento generale del disegno, poi, contestualmente all'immaginazione del titolo stesso, si cercherà di raccogliere impressioni generali sull'immagine disegnata, cercando di esplicitare connessioni tra l'immaginato e quanto osservato. Da questa differenza iniziale, dal confronto tra reale e ideale, emerge una prima valutazione del sistema grafico alla quale corrispondono poi una serie di aspettative che, sempre attraverso il confronto con l'immagine ideale, cercano conferme nei diversi luoghi del disegno. Questi approfondimenti, se il tema è un'architettura, saranno condotti, il più delle volte, attraverso una spirale che dal generale al particolare avvicina il lettore al rappresentato. Prima l'inquadramento e l'orientamento, poi la relazione con il contesto e le specifiche che descrivono "da lontano" il sistema architettonico; poi attraverso la chiarificazione delle planimetrie e degli alzati, la ricerca dell'ordinamento dei luoghi del disegno diventa un'attività che sottende la valutazione stessa dell'intero sistema architettonico.

In questo viaggio verso la comprensione del testo, l'immersione data dalla suggestione comporta un immedesimarsi all'interno dello spazio dove costantemente, richiami al mondo reale costituiscono la base per



l'identificazione dei segni e la traduzione del linguaggio grafico.

Tanto più il disegno sarà in grado di ripresentare una condizione reale tanto più, diminuendo il grado di astrazione, risulterà di facile comprensione. Un disegno di tipo realistico, quasi fotografico, che ha per fine effetti "illusionistici", porterà ad una lettura immediata che tende a creare, nell'osservatore, un alto grado di evocazione della realtà considerata. Nel processo di comparazione tra immaginato e rappresentato vi è la naturale ricerca dell'apparenza naturalistica, non solo dell'immagine, ma anche dei codici, dell'apparenza a cui siamo abituati nella vita reale. Dall'esaltazione degli aspetti esteriori e dei parametri essenziali dell'immagine dipende una facile comprensione da parte di chiunque del messaggio visivo che suscita poi una facile emozione visiva. Al contrario un disegno condizionato da una forte carica simbologica, che considera uno o più aspetti della realtà e li graficizza secondo un linguaggio specifico, richiederà, da parte dell'osservatore, la conoscenza di particolari chiavi di lettura così che, attraverso la trasmissione di specifici significati accessibili solo a chi ha la possibilità di decodificare i segni e i simboli, il significato, il messaggio celato nel disegno, il progetto, possa presentare una chiarezza di lettura attraverso l'utilizzo di simboli e convenzioni grafiche che prevalgono, specialmente nel disegno tecnico tradizionale, sulla ricerca dell'apparenza naturale e sugli effetti illusori. (Fig 1)

In generale questa diversità fa capo ad un processo di selezione che consente di evidenziare ciò che interessa: è questo, forse, l'aspetto più interessante, formativo e carico di conseguenze del disegno, sia del disegno dal vero che del disegno di progetto. Si tratta di una selezione dei dati caratteristici in grado di definire un particolare architettonico, un contesto urbano o paesaggistico per la quale diventa necessario il contatto diretto con l'architettura o il paesaggio da graficizzare, la scelta del sistema di segni capaci di tradurre i caratteri della realtà in un'immagine e l'esame delle forme, delle proporzioni, della posizione, della luce ecc., di ogni cosa, per arrivare a una sintesi grafica fortemente caratterizzata, sia questa più o meno astratta.

Del resto il termine astrazione indica il procedimento mentale attraverso il quale si sostituisce un insieme di oggetti con un concetto, più generale, che descrive gli oggetti in base a proprietà a loro comuni; processo mentale mediante il quale si allontana, si estrae, una parte da un tutto visivamente percepito. Quello che accade a livello grafico è poi una stilizzazione e una geometrizzazione del percepito. Si tratta di un processo di fantasia dove, per associazione di forme o concetti, vengono messe in relazione qualità provenienti da elementi distinti e dove l'immagine paesaggio, intendendo quindi un panorama ampio di prospettive ideali e metaforiche, diviene un paesaggio come "luogo della mente", modo di pensare il reale nella sua rinuncia ad una sintesi dall'alto, nel suo essere anche rappresentazione dell'irrappresentabile in quanto mai definibile-misurabile-quantificabile, e diventa espressione dell'indissolubile presenza dell'orizzonte, metafora del pensare lo spazio come insieme di relazioni e interazioni mai stabilmente definibili, mai univocamente afferribili, in una strategia di pensiero che concede margini ai processi di creazione nella continua messa in discussione delle certezze.

Il disegno quindi è racconto del rappresentato che riporta due livelli di astrazione, il primo dipendente dal disegnatore che semplifica e caratterizza certi elementi, ed il secondo di chi osserva il disegno, che è chiamato a leggere la criticità del disegnatore, espressa da regole grafiche e proporzionali.

Il limite è dunque presente in qualsiasi disegno come elemento formante dell'attività di lettura dello spazio. Per citare Giorgio Bassani si può ricordare che per disegnare bene, bisogna smontare il mondo, per ricostruirlo poi pezzo a pezzo, con infinita pazienza. In questo senso smontare corrisponde a discretizzare, ridurre ad elementi discreti la continuità dello spazio reale definendo quindi, nella struttura del luogo, i livelli di approfondimento grafico (che risulta opportuno descrivere) opportuni per riuscire a chiarificare le qualità del sistema architettonico.

Il disegno e il rilievo di architettura hanno di per sé un fine, disegno per il progetto, per la documentazione, per la valorizzazione ecc. La stessa descrizione implica una progettazione, non solamente scenografica, dell'immagine. Il disegno può vincolarsi a sistemi descrittivi che sfruttano regole diverse per cui un disegno può essere realizzato con strumenti infografici al fine di ottenere molteplici aspetti utili a più funzioni del processo individuato nella definizione degli obiettivi. Sempre più i disegni diventano non solo immagini che rappresentano una condizione, ma veri e propri contenitori di informazioni. Se questo aspetto è valido da sempre, oggi la coscienza di questa molteplicità e multidimensionalità della forma grafica costringono il disegnatore a definire progetti e metodologie di sviluppo complesse per far sì che un disegno possa esplicitare al meglio le possibili interazioni con le diverse chiavi di lettura per le quali ne è stata prevista una programmazione (ed infine proprio un disegno). (Fig 2)

Se il disegno è dunque un contenitore di molteplici contenitori, corrispondenti alle diverse applicazioni, ma anche alle diverse implicazioni emotive e suggestioni che esso stesso comporta, ecco che il limite verticale, l'approfondimento tra le diverse aree di interesse che riguardano una scena, diventa oggetto di indagine e di riflessione. Il limite tutto estetico tra rappresentazione realistica e sintesi astratta dovrà cercare di formularsi in modo da consentire al meglio una rappresentazione dei tanti frammenti che compongono la scena e il disegno architettonico, a fini documentari dovrà cercare di descrivere fin nel dettaglio lo stato reale dei luoghi.

Le qualità di una muratura dipenderanno da come questa si relaziona con l'intorno, da ciò che recinta e da ciò che occulta, ma anche dai materiali con cui è costruita, fino al punto di richiedere una descrizione di ciascun mattone che contribuisce, con i suoi difetti e le sue imprecisioni a caratterizzare la superficie dell'elevato. Si arriva presto a comprendere che tra la condizione geometrica ideale, tra il modello progettuale e formale, ed il reale c'è una grande variazione di qualità che dipende proprio dalla regola costruttiva e dallo stato di degrado e conservazione della struttura. I materiali si deformano, variano aspetto quasi completamente, modificano la propria geometria a volte attraverso una mancanza o una semplice inflessione, anche attraverso una patina che è in grado di modificare l'immagine dell'intera esperienza architettonica.

Il disegno deve dunque giungere a raccogliere queste informazioni, specialmente adesso che grazie alla computergrafica è possibile navigare dentro ambienti vettoriali infiniti, e ordinare e codificare la descrizione dello spazio virtuale in modo da essere più verosimile con il reale limitando ogni sorta di approssimazione che non risulti necessaria (un disegno può essere realizzato in scala 1:1, ad esempio).

Fino a qualche tempo fa queste approssimazioni erano quasi necessarie, non solo per rilegare il disegno all'interno di un processo di produzione, rigorosamente a mano, in cui diveniva indispensabile qualificare un oggetto critico delle procedure interpretative del costruito, ma perché la concezione tipologica dell'architettura costringeva ad una razionalizzazione formale delle interpretazioni alle quali corrispondeva poi il disegno del tipo. Si tratta di una semplificazione dove, alla necessità di descrizione delle qualità specifiche del fenomeno architettonico, si sostituiscono astrazioni mirate ad esaltare le caratteristiche che consentono di comprendere l'oggetto all'interno di un insieme. Il tipo però, specialmente se consideriamo casi di studio che non gravitano nel medesimo spazio ma che riportano una qualità territoriale vasta, difficilmente riporta aspetti caratterizzanti unitari. Difficilmente si può parlare di tipologia totalizzante del fenomeno architettonico che, in quanto complesso, riporta variazioni di materiali, di tecnologie costruttive, di impianti distributivi, di orientamento e di insediamento all'interno di uno spazio. Ecco dunque che il disegno architettonico deve cercare di esprimere la varietà del sistema architettonico stesso, del modello costruttivo e dell'impianto paesaggistico, anche quando un processo di sintesi progettuale riporta, come è normale, certe qualità dell'architettura a schemi preordinati di natura tipologica. (Fig 3)

Si evince che il problema di fondo è dunque il modo in cui interpretare l'architettura per rappresentarla correttamente e quale lettura tematica sia opportuno dare ad un disegno al fine di renderlo il più espressivo possibile nel relativo contesto. Credo che uno dei problemi più significativi per i disegnatori sia di smettere di limitarsi a rappresentare l'architettura (che non è un testo teatrale, l'architettura si rappresenta da sé: al massimo si interpreta) e dedicarsi ai problemi veri dell'architettura che non possono solo esser lasciati agli enti amministrativi, ai soprintendenti ai monumenti o a progettisti in vena di stravaganze.

In questi anni di ricerche condotte in gran parte all'estero ho avuto modo di confrontare il pensiero relativo alla rappresentazione dell'architettura maturato all'interno della scuola fiorentina con altre pratiche di intervento che venivano condotte da soprintendenze locali e da enti di tutela del patrimonio sia nell'area del Centro e Sud America che in molte regioni della Russia e dell'Asia.

Ogni volta che mi trovavo a leggere un elaborato tecnico relativo ad un'architettura o ad un monumento dovevo comprendere quale fosse stato l'intento interpretativo del rilevatore, che mai, riusciva a collezionare un disegno totalizzante del contesto. In numerose conferenze, specialmente in Russia, venivano addirittura lodati disegni antichi, rilievi dei secoli passati, realizzati a mano, ritenuti molto più descrittivi rispetto ad elaborati tecnici recenti ottenuti attraverso il computer. Ad essere messo in crisi non era però soltanto l'aspetto estetico della riproduzione grafica, ma la totale assenza della verifica di affidabilità che questi disegni dimostravano anche ad una prima lettura. Il più delle volte quello che era assente in questi disegni, che riproducevano sommarariamente una condizione ideale dell'architettura, molto distanti dal presentare anche graficamente le imperfezioni e le variazioni dell'oggetto, era proprio il progetto di ricerca vincolato al disegno. La comprensione di una visione del disegno come contenitore di diverse possibilità che guidano l'analisi, finalizzata a sua volta a svariati progetti. Se il disegno non ha un fine ben preciso e non sottostà a tale progetto non solo non riuscirà a definire gli aspetti "convenienti" della ricerca, ma risulterà perlopiù inutile, non riuscendo a rispondere a quelle esigenze descrittive di ambientazione dei diversi progetti sull'oggetto di analisi.

Sarà una mia fissazione ma sono sempre più convinto che specie a chi sa guardare spetti il compito di far la guardia alle cose di architettura. Nessuno sa guardare con l'attenzione di un disegnatore, il quale attraverso l'esercizio della sua "arte" ha sviluppato un'attenzione alle cose, che gli altri di rado hanno. Un tempo in Italia, nelle città, esistevano le "commissioni d'ornato" che erano composte per lo più da artisti, e da persone ritenute di buon gusto (un genere scomparso) alle quali era affidato il "decoro" cittadino. Oggi il rischio costante è che una disattenta pratica del disegnare possa provocare una perdita totale del controllo sul fenomeno architettonico a tutti i livelli della progettazione e della gestione del patrimonio.

In Carelia (Russia) l'amministrazione federale del Museo di Kizhi vive quotidianamente queste problematiche, approdando a soluzioni gestionali anche assurde, proprio perché prive di un fondamento scientifico il cui sistema di verifica possa essere riscontrato nel disegno. Dalla gestione del paesaggio fino al restauro, che io definirei più brutale e falsa ricostruzione, dei suoi monumenti, se pur vincolati dall'UNESCO, ogni attività viene intrapresa senza alcuna considerazione delle qualità del sistema architettonico, portando, proprio attraverso la presunta manutenzione, ad una sostituzione di tutti i valori delle qualità e delle caratteristiche del luogo. (Fig 4)

La chiesa della Trasfigurazione è stata, dopo un lungo dibattito sulle metodologie di restauro da applicare, sollevata, smontata e ricostruita per parti modificando completamente la geometria dell'oggetto in quanto la nuova costruzione non veniva attuata sulla base di un rilievo affidabile che tenesse conto delle variazioni di ciascun tronco ligneo. L'architettura del legno è probabilmente una delle più complesse da studiare per ragioni dettate dalla natura del materiale, dalle condizioni plastiche, oltre che dalle tecnologie costruttive che riportano complesse strutture interne; è un peccato che in certi contesti culturali queste architetture debbano essere perse a causa di una totale incapacità culturale di comprendere certe dinamiche di intervento sul patrimonio storico.

Molti paesi esprimono poi una conoscenza ben dettagliata delle problematiche teoriche relative alla conservazione, ma sono completamente assenti esperienze pratiche (oltre alla Russia anche molti paesi del Centro America) per cui i concetti generali del buon restauro ad esempio, vengono applicati ed affiancati a pratiche ed iniziative del tutto



individuali lontane dall'essere corrette e, in molti casi, queste incomprensioni derivano proprio dalla mancanza della conoscenza di come operare, soprattutto, un corretto rilievo.

A questo si somma la fede mal riposta nelle nuove tecnologie. Non basta utilizzare qualche scanner laser per realizzare un rilievo corretto, affidabile e soprattutto utile su un monumento. La fase di post produzione delle nuvole di punti è di gran lunga la più importante, che richiede esperienza ed una profonda coscienza critica dell'intero progetto per il quale viene intrapreso un rilievo. Alla fine, anche quando si procede attraverso questi strumenti, è sempre il disegno a mano, l'interpretazione delle nuvole di punti per definire l'elaborato bidimensionale, a qualificare l'intero processo di rilievo e ha definire la correttezza delle operazioni.

Il rilievo è il primo passo di un qualsiasi intervento di conoscenza, quando questo non cerca di integrare dati provenienti da attività condotte anche separatamente e quando non si comporta come raccogliitore di attività multidisciplinari ecco che il conseguente progetto, qualunque esso sia, porterà con se una tragica frattura derivante proprio dalla mancanza del confronto.

A Panama, dove sono i patronati a svolgere le funzioni di soprintendenze locali, le maestranze non sono addestrate ne al rilievo ne, tantomeno, al restauro. Qualche delinquente, non di rado italiano, se ne approfitta vendendo fumo a politici e costruttori, realizzando corsi di formazione non certificati da Università o enti specifici, così che certi consigli, magari in teoria anche accettabili, vengono travisati ed applicati al patrimonio storico senza alcuna coscienza. A Portobelo, proprio lo scorso anno, si è deciso di cambiare completamente il volto a tutte e nove le fortezze che caratterizzano l'omonima baia agendo con un'idropulitrice sulle superfici esterne e scarnificando completamente non solo la patina ma, in alcuni casi, tutti gli elementi decorativi presenti nelle facciate. (Fig 5)

Quando il rilievo è completamente assente e non si costruiscono strumenti per la documentazione e conoscenza dell'architettura storica, questa sparisce rapidamente sotto l'ondata del grande rinnovamento culturale che impone modelli architettonici avulsivi dal luogo. E' questo il caso di quasi tutti i centri storici delle città della Russia, ad eccezione di San Pietroburgo, di molti paesi del Caucaso, dell'Est'Europa e, in generale, di quei luoghi che ancora sono in grado di raccontare attraverso l'analisi dei modelli architettonici, porzioni di storia sepolta, leggibile solo nella disposizione di qualche pietra che manifesta tracciati culturali, rotte commerciali e influenze del passato.

Questa l'importanza fondamentale del rilievo nella tutela dell'architettura, questa l'importanza del disegno, che non è solo una pratica per la conoscenza, una pratica per il racconto o l'organizzazione anche interiore dei dati, ma che è forse l'unica speranza che abbiamo oggi di non cancellare dal nostro pianeta la memoria, quelle patine, quei colori e quei dettagli che, nella loro imperfezione, esprimono la grandezza del tempo. (Fig 6)



Fig 1. Disegni di particolari, frammenti di sistemi più ampi sia naturali che artificiali, realizzati con tempera acrilica. Il disegno estremamente realistico, tenta di imitare la natura nei colori e nei rapporti di luce ed ombra. Suscita una facile emozione visiva perché riconduce facilmente ad una situazione nota per la quale è semplice immaginare il contesto e comprendere l'identità del frammento.



Fig 2. Sezione prospettica di una porzione di viabilità urbana nella quale sono presenti alberature e trattamenti a verde. Il disegno, per poter essere affidabile e riproporre metricamente la complessità delle Unità Vegetali presenti, richiede numerose interazioni tra diversi strumenti di lettura del luogo. L'utilizzo di sistemi laser scanner e per verificare, tramite le nuvole di punti, la morfologia ed il carattere del verde, il rilievo degli elevati degli edifici, l'esigenza di avere una planimetria per gestire gli scorci, la scelta delle diverse soluzioni grafiche per il trattamento dei materiali, sono aspetti di progetto che inquadrano il disegno all'interno di un preciso sistema descrittivo.

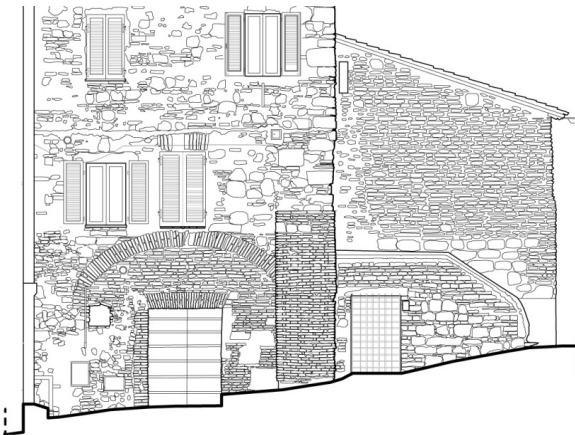


Fig 3. Elaborati grafici di rilievo. Paramento murario realizzato per un rilievo urbano, si evidenzia nel disegno il racconto della superficie muraria attraverso il ripasso in Autocad della forma di ciascun mattone. Il disegno riporta le imperfezioni e le mancanze degli apparati murari, descrive la "patina" dell'architettura storica.



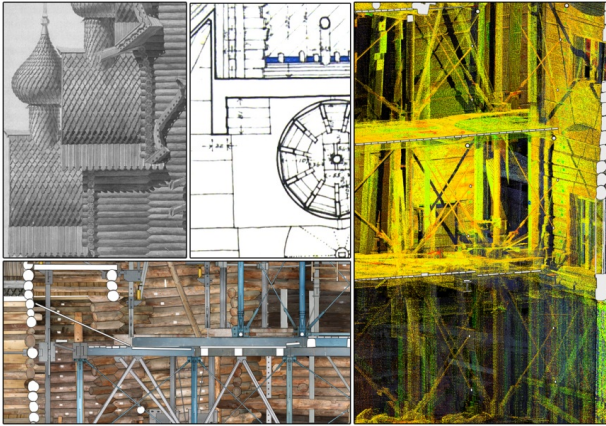


Fig 4. Il processo di ricostruzione della chiesa della Trasfigurazione nell'isola di Kizhi è condotto alterando completamente la geometria e l'immagine dell'edificio. Il rilievo realizzato dal Museo Federale, gestore del patrimonio UNESCO, non vincolava nessuna condizione strutturale a questioni di carattere geometrico formale, la conclusione è stata la totale perdita del monumento in favore di un "falso". L'immagine riporta i disegni a chiaro scuro di Opolovnikov, i rilievi realizzati durante il periodo sovietico e la complessità di una porzione della nuvola di punti laser scanner dalla quale è stato possibile elaborare la restituzione delle planimetrie e delle sezioni.



Fig 5. Portobelo a Panama, rilievo eseguito per la documentazione del patrimonio storico della baia e per l'analisi del pueblo. Molte fortezze e resti di fortificazione sono state scoperte grazie a queste campagne di rilevamento che hanno permesso di ricucire la storia della baia stessa. Nelle fotografie sono evidenti i lavori di restauro e consolidamento delle fortezze che stanno alterando completamente l'immagine, il disegno, del paesaggio della baia.



Fig 6. Alcuni particolari del rilievo della chiesa dell'Eremiti di Camaldoli dove si evidenzia l'attenzione al dettaglio, al frammento, nella volontà di descrivere compiutamente la storia di un articolato sistema architettonico.



EL CUERPO MATERIAL GRÁFICO, PATRIMONIO Y MEMORIA:

LA MAQUETA DE LA IGLESIA DE SAN JUAN BAUTISTA DE ALICANTE

Raquel PÉREZ DEL HOYO
Ricardo IRLES PARREÑO
Juan Ignacio FERREIRO PRIETO
María Elia GUTIÉRREZ MOZO

Universidad de Alicante
Departamento de Expresión Gráfica y Cartografía

ABSTRACT

GRAPHIC MATERIAL, HERITAGE AND MEMORY: THE MODEL OF SAN JUAN BAUTISTA CHURCH OF ALICANTE (SPAIN). This article aims to argue, through the analysis of graphic material, the underlying content of one of the most notable cases of unresolved architecture in Alicante context, as it is the work unfinished of San Juan Bautista Church of Benalúa neighborhood. Because when architecture loses the ability to express, graphic material becomes heritage and memory, category to which -without delay- the model of San Juan Bautista Church of Alicante should increase. Through its analysis, this article shows the study of the missing elements, the ornaments defined in project in contrast to sober built volumes, and the main absence: the imposing tower with central pinnacle that more than thirty meters height should have culminated the Temple. Also, the study concludes interventions on the unfinished work that have been able to interfere with the true meaning of San Juan Bautista.

Keywords: Graphic material, Heritage and memory, Religious architecture, San Juan Bautista Church of Alicante (Spain) model.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El presente artículo tiene por objeto argumentar, a través del análisis de material gráfico, el contenido subyacente de uno de los casos más notables de arquitectura pendiente en el contexto alicantino, como es la obra inacabada de la Iglesia de San Juan Bautista del barrio de Benalúa.

San Juan Bautista -reconocida como Bien de Relevancia Local en el Catálogo de Bienes y Espacios Protegidos del Plan General de Alicante (Alicante-Ayuntamiento 2010)- ha de entenderse concebida en plena vigencia de los historicismos, cuando el gótico se consideraba por excelencia el estilo que reflejaba los ideales arquitectónicos que debían converger en un templo religioso. Aunque inició su construcción en 1944, fue proyectada por el arquitecto Juan Vidal Ramos en 1923, respondiendo tipológicamente a las realizaciones medievales del gótico catalán (Varela 1980). Supone, por tanto, y así lo reivindicamos en el presente artículo, el antecedente más próximo del exquisito diseño de la modesta Capilla del Hospital Provincial de Alicante (Jaén 1999, p.53) -proyectado dos años después por el mismo arquitecto-, actual Biblioteca del Museo Arqueológico MARQ, con la que resultan obvios los paralelismos. Adentrarse en la Capilla del que fue Hospital Provincial permite percibir, de modo inmediato, las formas y sensaciones que se producen en el Templo de Benalúa, referente directo en su concepción. Si bien, en contraste con la definición de las formas y riqueza espacial interior que desvela la intimidad del Templo, se manifiestan frías las carencias de su imagen pública.

En su estado actual, incompleto y pendiente, San Juan Bautista no sólo ha silenciado su razón de ser. Todavía hoy, el tiempo en que la Iglesia permanece inacabada propicia que su escena, no más que una intermedia del proceso arquitectónico -transformada en sentido impropio a éste-, se instale erróneamente en la memoria como imagen definitiva y referente urbano. En este contexto debe entenderse la relevancia del hallazgo de la maqueta del Templo, cuerpo material gráfico de inquestionable transcendencia, en la línea que supone reconocer el valor estético, arquitectónico y urbano que corresponde a un bien, patrimonio alicantino, de tales características.

A través de su análisis, con el fin de contribuir a subsanar el vacío que adolece esta magnífica Iglesia, el presente artículo muestra el estudio de los elementos ausentes, los exquisitos ornamentos que en proyecto cubrieron la piel del edificio en contraste a los sobrios volúmenes desnudos construidos. Y, con especial relevancia, su principal ausencia, la imponente torre con pináculo central que con una altura mayor de treinta metros, como correspondía entonces al ideal gótico, debía haber culminado y distinguido el Templo. Asimismo, del estudio se concluyen las intervenciones -ampliaciones o reformas- sobre la obra inacabada que han podido interferir en el verdadero sentido, expresión e intención de San Juan Bautista.

ANTECEDENTES: ORÍGENES DE SAN JUAN BAUTISTA

La iniciativa popular de construir una Escuela Modelo en Benalúa -que inició su construcción en 1884- propició que la Sociedad Los Diez Amigos, constructora del barrio, propusiera también sacar a concurso la construcción de una Iglesia (Pardo 1887, pp. 93-95), único equipamiento previsto en el proyecto urbanístico del arquitecto José Guardiola Picó (1883). En enero de 1889, la Sociedad aprobó los planos del Templo formados por el mismo arquitecto Guardiola (Soler 1975), siendo inauguradas las obras el 24 de junio siguiente, festividad de San Juan Bautista a quien se consagró la Iglesia (Sala 1983, pp. 23).

Como documentó el cronista Figueras Pacheco, con las obras aparecieron restos de la antigua población de Lucentum, concretamente vestigios de la primitiva necrópolis cristiano-romana en el lugar en que fue levantada la Iglesia. No podemos afirmar que la elección del solar, modificando el previsto en proyecto, se debiera a la importancia de estos hallazgos, aunque bien pudiera ser considerada dicha posibilidad (Sala 1983, pp. 15-17).

Las obras avanzaron al compás que creció el barrio, aunque prolongándose más de lo previsto por dificultades económicas. No obstante, antes de finalizar la construcción del Templo, fue habilitada provisionalmente una de las naves. De este modo, el 23 de noviembre de 1894, fue cantada la primera Misa en San Juan Bautista.

La Iglesia se constituyó como ayuda a la Parroquia de San Nicolás, cuya demarcación ocupaba casi toda la ciudad. Y, aunque en 1897, transcurridos tres años desde su apertura al culto, el servicio religioso en el barrio había crecido considerablemente, no sería elevada como Parroquia independiente hasta el 15 de octubre de 1914, entrando en funcionamiento varios años después, cuando tomó posesión como primer párroco, el 1 de agosto de 1917, José Pascual Marco Aguilar (Sala 1983, pp. 25-27, 39-40).

No disponemos del proyecto original de Guardiola (1889), aunque sí de un plano posterior que acompaña a una instancia firmada por Marco Aguilar, con fecha 31 de octubre de 1931, solicitando al Ayuntamiento la entrega del Templo a su cargo. El documento forma parte de los expedientes conservados en el Archivo Histórico Municipal de Alicante (AMA) sobre solicitudes para retirar objetos de las instituciones religiosas, colegios y conventos, dada la complicada situación que vivió la ciudad en los primeros meses que siguieron a la proclamación de la Segunda República en España (AMA 1931). El plano (**fig. 1**) define la planta de la Iglesia, distinguiendo la parte levantada inicialmente de la que comenzó su construcción mediada la década de los veinte, según proyecto del arquitecto Vidal (1923).

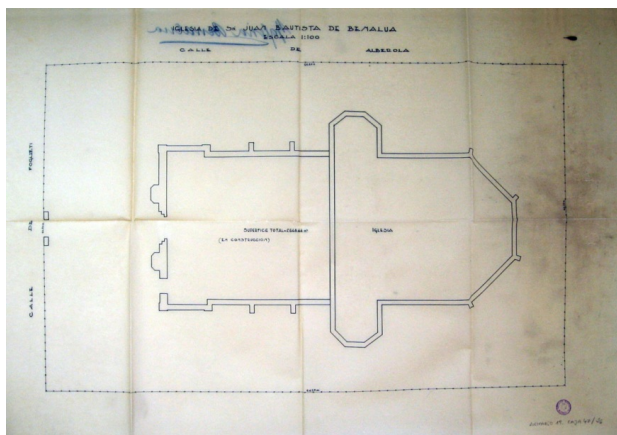


Fig 1. Planta de la Iglesia de San Juan Bautista de Benalúa. 1931. El Templo original (Guardiola, 1889) se designa como Iglesia; la zona anterior -en construcción- se refiere al proyecto posterior de Vidal (1923). Escala 1:100. Fuente: AMA.

Para conocer la primitiva Iglesia también contamos con las fotografías publicadas por Establier Costa (1976) (**fig. 2**) y Sala Seva (1983) (**fig. 3**). El sencillo Templo, de sólido aspecto, fue construido a base de muros de mampostería y acabado con enfoscado. La nave central principal, cubierta con tejado a dos aguas, se levantaba con la altura que correspondía a tres plantas, quedando iluminada por el nivel superior con vanos circulares y huecos terminados en arco de medio punto. Las dos naves laterales, a modo de contrafuertes, tenían dos alturas, adosándose las capillas de planta semi-octogonal, también con doble altura e iluminadas por huecos igualmente terminados en arco de medio punto. Como remate, situado en la cabecera, el Altar Mayor quedaba delimitado por el recorrido de una modesta girola de sólo una altura que volvía a describir, a mayor escala, el trazado semi-octogonal de las capillas, permitiendo a su través el acceso a un huerto-jardín propiedad de la Parroquia. Para iluminar el Altar y la girola se utilizó el mismo tipo de hueco. Como puede observarse, a diferencia que en el primer edificio acabado (Guardiola, 1889), en los muros construidos posteriormente (Vidal, 1923), se utilizaron huecos terminados en arco apuntado, introduciendo el gusto



neogótico que caracterizaría la construcción del Templo actual.

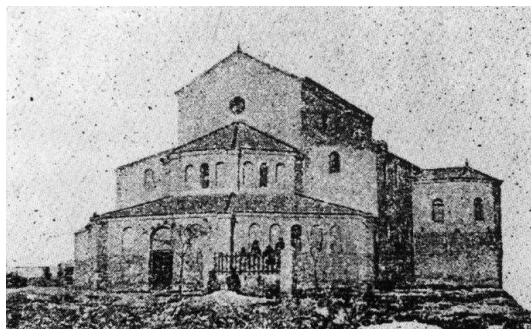


Fig 2. Templo original de San Juan Bautista (Guardiola, 1889). Principios del siglo XX. Fuente: Establier 1976, p. 156.



Fig 3. Templo de San Juan Bautista en la segunda mitad de la década de los veinte. Pueden apreciarse, la Iglesia original y la prolongación de sus muros laterales (Vidal, 1923). Fuente: Sala 1983, p. 56.

HACIA LA CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO TEMPLO

Cuando en 1917 fue creada la Parroquia de San Juan Bautista, se demandaba la construcción de un nuevo Templo, porque el existente, a pesar de las múltiples reparaciones efectuadas, se encontraba en estado ruinoso según informe pericial -por la aparición de grietas de cierta peligrosidad- y comenzaba a resultar pequeño e insuficiente (Sala 1983, pp. 49-50).

No obstante, los primeros datos que se refieren a la existencia de un proyecto para su construcción datan de 1923, cuando el 5 de febrero, aprovechando la visita del Obispo de la diócesis, Javier Irastorza y Loinaz, el párroco Marco Aguilar, acompañado por el arquitecto diocesano Vidal Ramos, mostró los planos que ya se habían realizado de la futura Iglesia de Benalúa. Transcurrido un año, el 23 de mayo de 1924, en una segunda visita del Obispo, el Prelado volvió a referirse a la construcción del nuevo Templo, calificando el proyecto como necesario y capaz de resolver cumplidamente las necesidades de la Parroquia, destacando que por su arte y emplazamiento vendría a hermostrar notablemente Alicante (Sala 1983, 45-47).

La tercera reseña de que tenemos constancia, se refiere a la Memoria leída por Marco Aguilar en la expresada visita (1924), en la que se describe el proyecto como sencillo, a la vez que elegante y artístico, y se plantea por primera vez el problema de su financiación. Algunas familias estaban dispuestas a costear las obras a condición de poder inhumar a sus difuntos. Por ello, el párroco instaba la mediación del Obispo, para lograr el Real Privilegio de Criptas para enterramientos -Real Orden de 17 de marzo de 1900-, como se habían otorgado en la Almudena y Concepción de Madrid, Sagrada Familia de Barcelona o Buen Pastor de San Sebastián. La intervención de Irastorza fue decisiva, consiguiendo para el barrio lo que muy pocas capitales españolas habían logrado. En marzo de 1925, por Real Orden, S.M. el Rey don Alfonso XIII accedió a aprobar la autorización para construir enterramientos en el subsuelo de la Iglesia de San Juan Bautista (Sala 1983, pp. 51, 54-55). Tras la concesión del Privilegio -que todavía hoy se mantiene-, se iniciaron las obras del nuevo Templo. Se construyeron las criptas, zócalos y parcialmente algunas paredes laterales anexadas al edificio primitivo (AMA 1931). Aunque, pocos años después, todo se vendría abajo.

Transcurrido escasamente un mes desde la proclamación de la Segunda República en España, en la noche anterior al 12 de mayo de 1931, ardieron simultáneamente en Alicante Conventos, Iglesias y Colegios religiosos. Entre éstos, la Parroquia de San Juan Bautista (Gil 1981). Del Templo original no se salvó prácticamente nada, las llamas provocaron el derrumbamiento de la techumbre del edificio reduciéndolo a escombros. Únicamente quedó en pie una de las Capillas -conservando intacto el Altar de la Purísima-.

En enero de 1935, en sustitución de Marco Aguilar, José María Ramos Climent fue nombrado cura regente de San Juan Bautista, con un ambicioso propósito: restaurar el Templo. Un grupo de feligreses se constituyó al efecto como Junta Restauradora y la constructora "Hermanos Cabrera" ofreció sus servicios. En tan sólo dos meses, el Templo se levantó de la ruina, inaugurándose el día 19 de marzo de 1935. Se repararon los muros -paredes maestras-, se reconstruyó la techumbre, se limpió y pintó todo el interior, se añadieron cristalerías, puertas y ventanas e incluso se recuperó la antigua campana original.

Sin embargo, en menos de un año, los asaltos a los Templos y Casas religiosas volvieron a ser noticia en todo el país, en Alicante, entre otros saqueos y pérdidas, el archivo y biblioteca de San Nicolás fueron destruidos y hasta Santa María llegó a sufrir un intento de incendio. En la noche del 20 de febrero de 1936, volvió a verse en

dificultades la Iglesia de Benalúa, se devastó la escasa ornamentación interior y quedó amontonado el mobiliario supuestamente para proceder a su incendio. Sin embargo, el asalto no llegó a culminar. Tras los acontecimientos, en Alicante Únicamente permanecieron abiertos los Templos de San Nicolás, Santa María, Nuestra Señora de Gracia y San Juan Bautista. Tras el alzamiento militar que daría paso a la Guerra Civil, el 19 de julio de 1936, se interrumpió el culto en los tres primeros, quedando sola en la ciudad la Iglesia de Benalúa. Durante los dos días siguientes se continuó desarrollando con normalidad la vida parroquial en el barrio pero ante los rumores y advertencias, el conjunto de archivos, misales, ornamentos, etc., fueron finalmente trasladados y cerrada la Iglesia.

En las primeras horas de la tarde del 21 de julio de 1936, el Templo de Benalúa fue totalmente destruido. Y, pocos días después, el Ayuntamiento ordenó el derribo de sus ruinas. Los sillares que en 1925 se emplearon en la construcción de los muros laterales que debían haberse convertido en cerramientos del nuevo Templo gótico no sirvieron más que para la construcción de un refugio en el barranco más próximo (Sala 1983, pp. 61-69, 89-95).

RECONSTRUCCIÓN DE SAN JUAN BAUTISTA

En la Semana Santa de 1939, Pedro Mora Puchol, fue nombrado nuevo cura regente de Benalúa. Fue en este periodo (1940-1943) cuando se retomó la idea de construir un nuevo Templo y se recaudaron las primeras cantidades para su financiación. En julio de 1943, se dispuso el traslado de Mora y el nombramiento de Federico Sala Seva en su lugar.

En los meses que siguieron a la Semana Santa de 1944, quedó constituida la Junta de Reconstrucción del Templo. El día 18 de junio, se celebró en el Salón Granados la presentación oficial del proyecto (*Información 1944*). La inauguración de las obras del nuevo Templo tuvo lugar el día 4 de septiembre de 1944. Sin embargo, las obras no transcurrieron con la celeridad deseada, obviamente por su envergadura y el esfuerzo que suponía mantener en tiempos de posguerra su financiación, quedando paralizadas en el mes de septiembre de 1947, cuando se había ejecutado el cincuenta por ciento del volumen de obra.

La deuda que la Junta de Reconstrucción del Templo tenía con el constructor se prolongó hasta marzo de 1948, cuando comenzaron a recibirse importantes donaciones -de Marcelo Fourcade y Provot y su esposa María Josefa Mendizábal Solano- que permitieron techar la Iglesia y construir las criptas. Asimismo se recibieron otras cantidades -el legado testamentario de Manuel Prytz Antoine-, con las que se finalizaron las obras y pudieron adquirirse mobiliario y ornamentos, incluida la fundición de tres campanas -encargadas a "Roses Hermanos" de Albaida-, imágenes de talla, Altar Mayor y Templete. La inauguración de la Iglesia tuvo lugar el día 12 de junio de 1949 (*Información 1949*).

Colaboraron en las obras los arquitectos Juan Vidal Ramos y Julio Ruiz Olmos; los aparejadores Rafael Bonastre y Jaime Cruañes; y los maestros de obras José Padrós y Ramón Pastor. De la carpintería se ocupó Emilio García Romero; de la pintura, Vicente Carrillo Campillo; de la decoración -piedra artificial, escayola, cemento- José Pastor, Mármoles Alcázar y Marmolería Gutiérrez; de la bancada de la Iglesia, Jaime Pomares; de la cristalería y hojalatería, Federico Bagur Gomis; de las vidrieras artísticas, Casa Momejean; de la ferretería y forjados, Ginés Masegosa; y de los relieves de las portadas así como de la construcción de la maqueta de la Iglesia, el escultor alicantino Adrián Carrillo García (Sala 1983, pp. 100, 112-113, 115, 147-148, 150-153, 155, 157-158, 173-177).

PROYECTO DEL TEMPLO ACTUAL

Del proyecto de Vidal, redactado veinte años antes del inicio de la construcción del Templo (1923-1944), no disponemos de información sobre si fue o no modificado. En cualquier caso, se concibió dentro del marco del estilo gótico, en plena vigencia de los historicismos (Varela 1980), y así se mantuvo en su ejecución.

En este contexto, el edificio se resuelve en planta de cruz latina, disponiendo las diferentes capillas y dependencias en los extremos de sus cuatro brazos. Para la construcción se plantea una doble estructura, un sistema exterior de muros de carga y otro interior de pilares y arcos apuntados que recorren el perímetro de la nave central y del Altar Mayor. El conjunto consta de tres naves, una central con mayor altura, en cuyos laterales elevados se disponen vanos tripartitos de iluminación -terminados en arco apuntado-, y dos laterales con anchura igual a la mitad de la luz de la nave principal. En el crucero, describiendo la forma de un semicírculo, se disponen el Altar y el deambulatorio, permitiendo mantener visuales abiertas entre ambos espacios. Para acceder al coro -primer piso- y al campanario se proyecta una ajustada escalera de dos tramos en el lado derecho del acceso (**fig. 4**).

En cuanto al sistema de cubiertas, sólo se emplean las bóvedas de crucería en las naves laterales, la nave central se termina con tejado a dos aguas y el resto de dependencias y el deambulatorio con azotea, excepto el Altar que se cubre con cúpula esférica sobre tambor semicircular, permitiendo el sistema de pilares abrir



vanos de iluminación en todo su perímetro (fig. 5).

Fig 4. Planta y Sección longitudinal de San Juan Bautista (Vidal, 1923). Fuente: Varela 1980, p. 133.

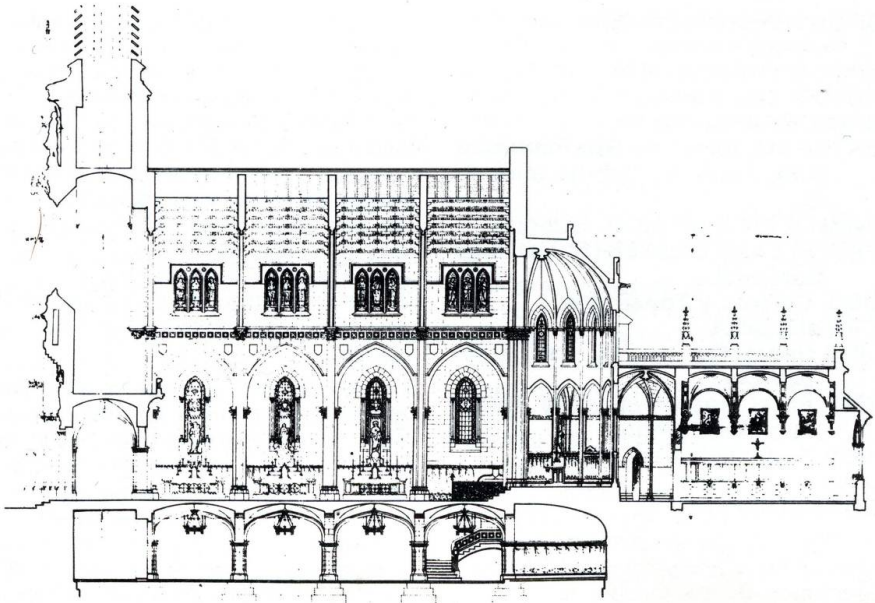
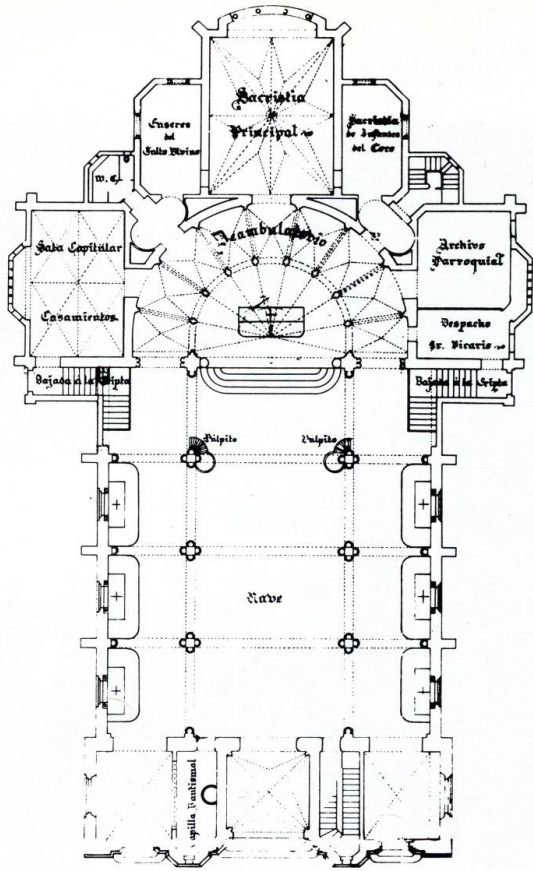




Fig 5. Vista de las naves y el Altar de San Juan Bautista. 2008. Fuente: Raquel Pérez.

De los elementos que se observan dibujados en proyecto, algunos fueron modificados en el transcurso de las obras. Debe destacarse, la eliminación de las escaleras laterales para acceder a las criptas, en cuyo lugar se emplazan las imágenes de la Purísima y Sagrado Corazón, a derecha e izquierda conforme se mira al Altar respectivamente. La entrada a las criptas se planteó desde el exterior del Templo, a través de la puerta lateral derecha de la fachada principal, comunicada con la Capilla que actualmente alberga el Paso de la Piedad.

Asimismo, prácticamente la totalidad de la dependencia simétrica se empleó como Archivo-Despacho Parroquial, junto con la Capilla Bautismal, dejando únicamente abierto al interior de la Iglesia un frente de escasa profundidad donde se expone en la actualidad el Paso del Cristo de la Paz. En cuanto al resto de dependencias ubicadas en el perímetro del Altar, tres de los accesos desde el deambulatorio fueron eliminadas, permitiendo su comunicación interior.

Los alzados no terminaron de construirse del modo en que se previeron, debido exclusivamente a cuestiones económicas. En este sentido, la información más valiosa reside en la maqueta que el escultor Carrillo realizó del Templo. Y, en este punto debemos detenernos, porque su hallazgo ha supuesto sin duda una de las experiencias más gratificantes del desarrollo de este estudio.

Inaugurado el Templo, la bellísima escultura quedó expuesta en el interior de la Iglesia y allí permaneció durante décadas -últimos años cincuenta o primeros sesenta- hasta que fue retirada para emplazar en su lugar un confesionario. Con el paso del tiempo y el relevo de los párrocos fue cayendo en olvido hasta quedar perdida. Agradecemos a don Vicente, párroco actual, su generosidad al abrirnos las puertas para iniciar la búsqueda. La impactante fotografía publicada en 1983 por Sala (**fig. 6**) y los testimonios de algunos vecinos que recordaban con detalle su majestuosa imagen, bien merecían un intento.

El 28 de agosto de 2008, después de la primera Misa, comenzamos la pesquisa y la satisfacción llegó cuando en el coro, tras mover algunos libros, imágenes, sillas almacenadas y estanterías viejas, apareció la maqueta de San Juan Bautista (**fig. 7**). Se encontraba apoyada en el suelo y con el polvo asentado de varias décadas pero aun así cautiva, a pesar de los desperfectos que atestiguaban haber sufrido demasiados golpes. Más bien, su imagen polvorienta y en parte destruida resultaba entrañable, porque relataba la historia del Templo tantas veces saqueado, incendiado, devastado, para surgir de nuevo reconstruido. Y allí estaba, esperando ser



restaurada.



Fig 6. Maqueta de San Juan Bautista realizada por el escultor Adrián Carrillo. Fuente: Sala 1983, p. 57.



Fig 7. Maqueta del Templo de Benalúa en el momento en que fue encontrada, en el coro de la Iglesia, tras llevar varias décadas desaparecida. 28/08/2008. Fuente: Raquel Pérez.



Fig 8. Serie fotográfica de la maqueta del Templo de Benalúa. 28/08/2008. Fuente: Raquel Pérez.

Toda la maqueta es de escayola, incluso la plancha que sirve como base, de gran peso. Responde a la proporción de 1:50. Faltan fragmentos, sobre todo en las cubiertas planas de las naves laterales y dependencias

del perímetro del Altar, así como los antepechos ornamentales de estas azoteas, huecos que permiten observar el interior de la escultura con estructura sustentante de madera.

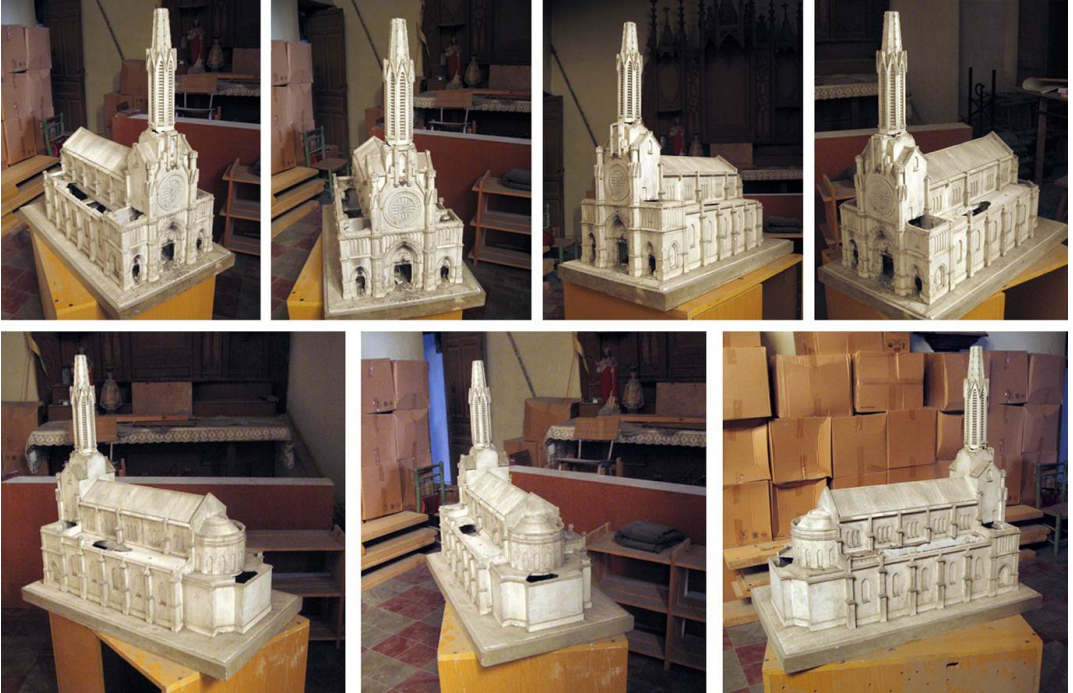
También se han perdido, la imagen de la hornacina sobre el rosetón y los esbeltos pináculos, así como la terminación del mayor central que se proyectó incluso con mayor altura que la dimensión de fachada, pudiendo alcanzar de entre treinta a treinta y cinco metros.

Improvizando un armario viejo como pedestal, procedimos a limpiar y fotografiar la maqueta, en el lugar que la había custodiado durante décadas. De los resultados obtenidos, se expone una selección de imágenes que nos ayudarán a determinar el estado en que llegó a quedar terminado el edificio construido (fig. 8).

Como puede apreciarse el estado del Templo mediados los años setenta (fig. 9), tratando de mejorar la economía de las obras, se eliminaron todos los ornamentos que en proyecto cubrían la piel del edificio, construyéndose los diferentes cuerpos desnudos. A la sobria composición resultante de los volúmenes prismáticos desornamentados únicamente se incorporó el rosetón central, ni siquiera las arquivoltas y columnas adosadas en las jambas de las puertas de acceso fueron ejecutadas en esta primera fase de obras.

Desaparecieron del alzado los esbeltos pináculos y antepechos decorados, así como la imagen que debía ocupar la hornacina sobre el rosetón que terminó formando un hueco abierto al campanario. No obstante, la ausencia más relevante se refiere a la torre con pináculo central que debía haber culminado y distinguido el Templo, basta contemplar su imagen construida para percibirlo repentinamente cortado e inacabado.

Fig 9. Iglesia de San Juan Bautista mediados los años setenta. Fuente: Sala 1983, contraportada.



OBRAS DE AMPLIACIÓN Y REFORMA

Cuando se inauguró la Iglesia en 1949, las obras no se dieron por finalizadas. Se precisaban construir locales anexos para reuniones, catequesis y demás actividades parroquiales, así como alojamientos para los sacerdotes. La primera ampliación adosada al Templo se edificó en su frente izquierdo. Se trataba de una construcción de dos plantas para contener cuatro viviendas. En los bajos, una de las viviendas se destinaría como alojamiento del sacristán y la segunda como local social de la juventud parroquial; en el primer piso, se instalarían los sacerdotes, párroco y coadjutor respectivamente.

De este modo, transcurridos ocho meses desde la inauguración de la Iglesia, con fecha 16 de febrero de 1950, se solicitó del Ayuntamiento autorización para comenzar las obras, acogiéndose a los beneficios del Decreto Ley de 19 de noviembre de



1948 sobre "Viviendas Bonificables". El proyecto (**fig. 10**), firmado en diciembre de 1949, fue redactado por los arquitectos del Templo, Vidal y Ruiz, interviniendo como aparejador Jaime Cruaños (AMA 1950).

El edificio se construyó, del modo entonces habitual, con cimentación de mampostería hormigonada en zanjas, utilizándose en la estructura el hormigón armado. Para los cerramientos se emplearon la mampostería de piedra y la fábrica de ladrillo. La cubierta se ejecutó de azotea. Las fachadas se terminaron con estuco a la catalana, empleándose la piedra artificial en los motivos decorativos. Los patios y patinillos, como colchón de aire, se proyectaron adosados al muro de la Iglesia.

No obstante, en la construcción se eliminaron las molduras decorativas de los vanos dispuestos en los bajos, manteniendo como único ornamento la cornisa de cemento superior recorriendo la longitud de fachada. Actualmente, con acceso desde el Templo, la vivienda situada en la parte derecha de la planta baja se encuentra habilitada como Capilla, facilitando la celebración del culto en las ocasiones que requieren un ambiente más recogido. Las obras de reforma de esta nueva dependencia, junto con otras actuaciones como la modificación del Altar y la eliminación de los púlpitos, fueron realizadas en los primeros años noventa, siendo responsable el párroco don Emilio.

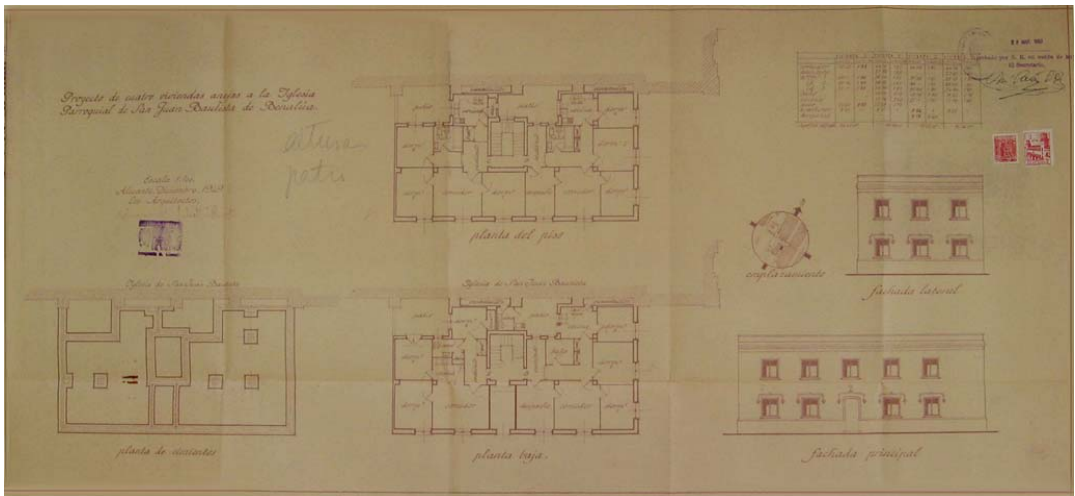


Fig 10. Proyecto de cuatro viviendas anejas a la Iglesia Parroquial de San Juan Bautista de Benalúa. Escala 1:100. 1949. Arquitectos, Vidal Ramos y Ruiz Olmos. Fuente: AMA.

Transcurridos cuatro años, para perpetuar que Pío XII declarara 1954 Año Mariano, se terminaron de decorar las portadas de las tres puertas de la Iglesia (Sala 1983, pp. 200-201). Los relieves de los tímpanos fueron realizados por el escultor Carrillo. Los dibujos y moldes del resto de las piezas por el delineante y maestro de obras José Pastor. En cuanto a la temática ornamental escogida para las puertas, la principal se dedicó a María Inmaculada y las laterales a San José. Esta fue la última obra que promovió el párroco Sala Seva antes de su traslado. En su lugar, Liberato Rovira Roig, tomó posesión del cargo el 18 de julio de 1955.

Un nuevo periodo comenzaría a partir de 1967, cuando se cumplieron cincuenta años de la toma de posesión del primer párroco de Benalúa (1917). Las Bodas de Oro en San Juan Bautista se celebraron con la propuesta de un nuevo programa de obras que quedó publicado en su Hoja Parroquial: "... pensamos... realizar lo más decorosamente posible la fachada, no con las filigranas del plano, que supondrían una millonada, sino con sencillez y elegancia. Seguidamente, construir dos pabellones que enmarcarían la fachada del Templo. Uno de ellos se dedicará al Hogar-Salón de los muchachos, y en su piso, de momento, las Escuelas Parroquiales... En el segundo pabellón, se podrían instalar el archivo y despacho parroquial, además de la Biblioteca, Salón para la Juventud y Adultos... Tampoco se pueden olvidar dos pequeñas salas para reuniones del apostolado seglar de la Parroquia..." (Sala 1983, pp. 227-228).

En cuanto a la fachada, su realización quedó pospuesta, pero las obras de los pabellones laterales, proyectadas y dirigidas por el arquitecto Ruiz Olmos, fueron inauguradas en el año siguiente, junio de 1968 (**fig. 11**). Al mismo tiempo, se decidió levantar un Salón de actos con aforo para más de quinientas personas. El conjunto de las obras fue llevado a cabo por el constructor Luis Gaubert Alpañés (Sala 1983, pp. 230-231).

Con fecha 13 de diciembre de 1969, tuvo lugar la Consagración del Templo. Un hecho de tal relevancia debió, sin duda, acrecentar los ánimos para continuar las obras en el Complejo Parroquial. En el transcurso de los años setenta, se modernizó toda la instalación eléctrica, pintura, mobiliario, carpintería de puertas y ventanas, vidrieras artísticas del perímetro del Altar y rosetón, se repararon e impermeabilizaron las cubiertas, se reformaron

la Sacristía y la Capilla, así como el Salón y Despachos Parroquiales. Fue pavimentado el Atrio de acceso al Templo y colocadas cancelas exteriores.

Paralelamente, se gestaba la idea de ampliar el Centro Escolar que mantenía abiertas sus aulas en los bajos del Salón parroquial. Para ello, se pretendía construir un amplio edificio de nueva planta en el solar contiguo al Templo -que había sido adquirido por la Parroquia en los años cincuenta-. Fruto del empeño de Liberato Rovira y Fernando Magro, entonces curas de San Juan Bautista, el día 15 de Septiembre de 1980, se inauguraron las aulas del nuevo Centro Escolar, con dieciséis unidades más dos de Preescolar. El edificio se dispuso a continuación de las primeras viviendas construidas (1950), compuesto de planta baja y cuatro alturas -tal y como permitían entonces las Normas Urbanísticas del Plan General, 1956- (**fig. 12**). Setecientos estudiantes estrenaron el Colegio de la Parroquia de San Juan Bautista que todavía hoy permanece funcionando al servicio del barrio (Sala 1983, pp. 258-59, 279-280, 297).



Fig 11. Exterior de los cuerpos laterales del Atrio parroquial. 2010. Fuente: Raquel Pérez.



Fig 12. Colegio de la Parroquia de San Juan Bautista. 2010. Fuente: Raquel Pérez.

Todavía en la actualidad continúan las obras en la Iglesia de Benalúa (**fig. 13**), como última intervención que afecta a la imagen exterior de su fachada, debe destacarse la colocación de los antepechos ornamentales en las azoteas laterales y superior del campanario, obra ejecutada en los primeros años noventa, siendo don Emilio párroco responsable.



Asimismo, estando al cargo don Vicente, párroco actual, fue pintado de nuevo todo el interior del Templo y reconstruida la cubierta del deambulatorio.

Fig 13. Cuerpo de coronación. Pueden observarse la vidriera artística del rosetón sustituida y los antepechos añadidos en los primeros años noventa. 2010. Fuente: Raquel Pérez.



CONCLUSIONES

No son escasas las ocasiones en que la arquitectura suspende su proceso natural sin lograr consumir su cuerpo, permaneciendo por un tiempo materialmente indefinida para transformarse después a partir de una escena que no le es propia. Y, es precisamente en esa coyuntura, cuando la arquitectura pierde la capacidad de expresarse, cuando su intención se muestra ausente o imperceptible, donde el cuerpo material gráfico, testigo de especial relevancia, se convierte en sí mismo en patrimonio y memoria, categoría a la que -sin demora- debería elevarse la maqueta de la Iglesia de San Juan Bautista de Alicante.

La bellísima escultura, extraviada durante décadas, a pesar de su estado en parte deteriorado, constituye por antonomasia la fuente que custodia la información precisa: las claves que permiten, por un lado, entender la voluntad y calidad del proyecto de Vidal y, por otro, percibir la majestuosa imagen concebida en su origen para San Juan Bautista. Queda pendiente, y es una cuestión de responsabilidad que nos concierne, emprender con urgencia su restauración.

Referencias bibliográficas

- Alicante-Ayuntamiento, 2010, "Ficha L.17.C.R.", *Catálogo de Bienes y Espacios Protegidos - Plan General*, (Revisión - 2ª aprobación provisional), visitada el 21 de febrero de 2012.
<<http://www.alicante-ayto.es/documentos/urbanismo/plangeneralprov2/MEMORIAS/CATALOGO/FICHAS%20-%20BRL%20SEGUNDA%20AP.PROV..pdf>>
- AMA, 1931, "Planta de la Iglesia de San Juan Bautista de Benalúa", Cartografía, signatura 101-773; Plano con documentación: "Expediente de justificantes de solicitudes para retirar objetos de las instituciones religiosas, colegios y conventos", Asuntos Religiosos, signatura 19-47-26.
- AMA, 1950, "Expediente sobre interesado Federico Sala Seva", Obras Particulares, signatura 9999-186-27.
- Collía Rovira, Joaquín, 1985, "Benalúa, odisea de su construcción (1882-1896)", I Centenario del barrio de Benalúa, Banco de Alicante, Grupo Banco Exterior, Alicante, pp. 11-77.
- "Construida por segunda vez, hoy se abre al culto la iglesia mártir de San Juan Bautista", diario *Información* de 12 de junio de 1949, pp. 3-4; "La nueva Iglesia de San Juan Bautista", 14 de junio de 1949, pp. 1-2.
- "El barrio de Benalúa se propone reedificar su parroquia", diario *Información* de 20 de junio de 1944, p. 2.
- Establier Costa, Rafael, 1976, *Añoranzas y recuerdos benaluenses*, Publicaciones de la Caja de Ahorros Provincial de la Excm. Diputación de Alicante, Editorial Confederación Española de Cajas de Ahorros, Alicante.
- Gil Sánchez, Fernando, 1981, "Cuando Alicante se enfrentó a los graves problemas de una época", *Alicante 1931*, Caja de Ahorros de Alicante y Murcia, Alicante.
- Jaén i Urban, Gaspar (Director), 1999, *Guía de Arquitectura de la Provincia de Alicante*, Colegio Territorial de Arquitectos de Alicante, Alicante.
- Pardo Jimeno, Pascual, 1887, *Memoria escrita y leída por D. Pascual Pardo y Jimeno, iniciador de la Sociedad anónima Los Diez Amigos, en la cuarta Junta general de accionistas celebrada el 2 de febrero de 1887*, Imprenta de Juan José Carratalá, Alicante.
- Sala Seva, Federico, 1983, *Estampas Benaluenses: un Templo con historia*, Imprenta Gráficas Díaz, S.L., Alicante.
- Soler Benítez, Gabriel, 1975, "Benalúa y su Iglesia", *Libret de la Hoguera de Benalúa*, Hogueras de San Juan, Alicante.
- Varela Botella, Santiago, 1980, "B17 - Iglesia de Benalúa", *Guía de Arquitectura de Alacant (2º Tomo)*, Comisión de Archivo Histórico del C.S.I. del Colegio de Arquitectos de Alicante, Comisión de Publicaciones del C.S.I., Alicante, pp. 132-133.

EVOLUCION HISTORICA DE LA PLANIMETRIA EN INGENIERIA DURANTE EL SIGLO XX.

M^a Dolores RINCÓN MILLÁN
Juan RINCÓN MILLÁN
Pablo DÍAZ CAÑETE
Natividad FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ

Universidad de Sevilla
Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería de Edificación

Resumen

La elaboración de planos en el ámbito de la ingeniería y arquitectura ha evolucionado sustancialmente a lo largo de los años. Esta evolución ha estado marcada por el progreso que de forma independiente han tenido los distintos parámetros que afectan a la elaboración de la planimetría, es decir, los materiales utilizados, los soportes, los medios de impresión e incluso la propia presentación final.

Así a comienzos del siglo XX la confección de planos en el ámbito arquitectura e ingeniería se basaba en un proceso manual de marcado carácter artístico y casi artesano además de su contenido técnico, donde se utilizaban soportes convencionales y los medios de reproducción eran costosos y al alcance de muy pocos. Por otro lado al finalizar el siglo se ha llegado a una auténtica revolución, quizás excesiva porque se ha perdido la personalidad e impronta del autor, y ha quedado relegado casi exclusivamente a procesos y programas informáticos, cada vez más sofisticados, que permiten elaborar todo tipo de vistas, detalles y maquetas virtuales a partir de un dibujo de referencia. Lo mismo cabe decir sobre los medios de impresión y reproducción que han pasado a ser un servicio popular que se presta en cualquier población o ciudad por pequeña y escondida que se encuentre a un coste muy asequible.

Abstract

The production of planes in the area of the engineering and architecture has evolved substantially throughout the years. This evolution has been marked by the progress that of independent form there have had the different parameters that concern the production of the mapping, that is to say, the used materials, the supports, the means of impression and even the own final presentation.

This way at the beginning of the 20th century the confection of planes in scope of architecture and engineering was based on a manual process of marked artistic and character almost craftsman besides his technical content, where his conventional supports were using and the means of reproduction were costly and within reach of very small. On the other hand on having finished the century it has come near to an authentic revolution, probably excessive because there has got lost the personality and stamp of the author, and has remained relegated almost exclusively to processes and IT programs, increasingly sophisticated, that it allow to elaborate all kinds of conference, details and virtual models from a drawing reference. The same thing fits to say on the means of impression and reproduction that they have happened to be a popular service that gives itself in any population or city for small and hidden that is to a very attainable cost.

INTRODUCCIÓN

En nuestra experiencia docente hemos podido constatar que la mayoría del alumnado desconoce términos como estilógrafo (o su marca "rotring"), trama de letras, trama de texturas, papel reproducible, copias heliográficas, plantilla de curvas, bigotera, plantilla de letras, papel diapost, cangrejo y otros términos. Ahondando más en la cuestión hemos comprobado que si bien algunos conocen o han visto algunos de estos útiles o materiales igualmente cierto es que casi ninguno lo ha utilizado o lo ha visto utilizar.

Esta nueva generación de arquitectos, ingenieros y técnicos especialistas ha nacido con el ordenador y con los nuevos software de dibujo (autocad, all plan, archicad, cinema 3D, dibac, visual basic, revit, urbicad...) que



cada día proliferan más a menudo y disponen continuamente de nuevas aplicaciones y versiones más novedosas. Esta irrupción de la tecnología informática para la elaboración de dibujos, planos y diseños gráficos ha hecho que los procesos tradicionales de dibujo, donde se requería algunas dotes y habilidades artística y técnicas, hayan ido desapareciendo, a la vez que se han olvidado casi de forma fulminante los procedimientos, materiales y medios de elaboración y reproducción de planos, que hace apenas dos décadas estaban en vigor.

No podemos, ni debemos ir contra la tecnología, pero no es menos cierto que para hacer un uso y valoración correcta de la misma, no se pueden olvidar los orígenes y antecedentes del sector al que se le aplique. Esta tecnología no es producto de un día, sino que varias generaciones de diseñadores, arquitectos, ingenieros y técnicos han utilizado su tiempo, conocimiento, experiencia y esfuerzo para ofrecernos actualmente *otras formas y otros medios* para elaborar planos y dibujos, en nuestro caso. Quizás el conocimiento de la tecnología y procedimientos pasados nos sirvan para valorar si los métodos actuales se deben utilizar siempre y en cualquier caso.

Como anécdota de la que aprender sirva comentar la de un *“alumno en prácticas que llegó un día a un estudio de ingeniería. El responsable le indicó que hiciese un levantamiento de plano muy simple, un local prácticamente rectangular. Comentó que lo sentía pero no podía pues no había traído el ordenador. El responsable le dijo que no se preocupase pues había reglas, útiles de dibujo y compás, a lo que contestó: Pero yo así no sé hacerlo”*. Esta anécdota se ha convertido desgraciadamente en rutina diaria. La pregunta que debemos hacernos es la siguiente: ¿Deben nuestros futuros alumnos y alumnas conocer y saber utilizar la tecnología tradicional para la elaboración de planos y dibujos en el ámbito de la arquitectura, ingeniería y diseño gráfico, o sólo deben manejar y/o conocer las tecnologías actuales? Posiblemente cada uno de nosotros pudiera dar una respuesta diferente y antagónica en base a diferentes argumentos.

Esta comunicación hace un análisis cronológico y a la vez nostálgico de la evolución de la planimetría durante el siglo XX, que nos puede ayudar a responder a esta cuestión y sobre todo al simple hecho de plantearnos la misma.

OBJETIVOS

El objetivo general de esta comunicación quizás haya quedado esbozado ligeramente en la introducción. Pretendemos exponer la verdadera revolución y evolución de los distintos parámetros necesarios para producir y reproducir un dibujo, a lo largo del siglo pasado. Este objetivo debe servir no solo como un conocimiento histórico y conceptual de las tecnologías tradicionales, sino complementariamente como un elemento de valoración realista para el uso indiscriminado de las tecnologías actuales que han supuesto un olvido total de la impronta y personalidad del autor.

Para el conocimiento histórico y conceptual de estas tecnologías tradicionales, de poco más de dos décadas, se han fijado tres objetivos interrelacionados:

- Conocer los utensilios y soportes utilizados en la elaboración tradicional de dibujos y planos.
- Exponer los procedimientos y tecnologías de elaboración de dibujos y su evolución en el siglo XX
- Poner en conocimiento los distintos métodos para acabado e impresión de planos.

LOS ÚTILES Y LOS SOPORTES DE DIBUJO

Dentro de los útiles de dibujo que se han utilizado a lo largo de la historia, distinguiremos por un lado los instrumentos o útiles de trazo, con los que definimos la forma, y los instrumentos o útiles auxiliares que contribuyen al mejor y más rápido trazado de la representación.

ÚTILES DE TRAZO

El trazo es la esencia del dibujo. Un único trazo puede configurar un dibujo por si mismo, es por ello que los útiles empleados son de suma importancia. Seguramente, el utensilio más antiguo para dibujar y escribir es la *pluma de ave*, de origen griego, a la que se le suministraba un líquido muy fluido introduciéndola previamente en un recipiente con tinta, que se adhería al hueco interior por capilaridad, y mediante ligera presión servía para escribir sobre un soporte de papiro, pergamino y, posteriormente, de papel.

El instrumento de dibujo por antonomasia y el más emblemático para la expresión gráfica es **el lápiz**. Aunque la aparición y uso del grafito se remonta al año 1600 en Inglaterra, fueron los italianos los primeros que idearon una sujeción del mismo con dos medios cilindros de madera, tal y como lo conocemos hoy. En 1795 Nicholas-Jacques Conté inventó un método para endurecer el grafito pulverizado mezclándolo con arcilla y

homeándolas convenientemente. Variando la proporción de grafito/arcilla se obtenían diferentes durezas de la mina. Este método de fabricación está vigente actualmente.

A principios del siglo XX, los lápices se clasifican con el sistema europeo que usa una graduación continua descrita por "H" (del inglés *hard*, para la dureza) y "B" (del inglés *black*, para el grado de oscuridad), así como "F" (del inglés *fine*, para el grado de finura). Hoy en día, el sistema de clasificación de lápices se extiende desde muy duro con trazo fino y claro, hasta blando de trazo grueso y oscuro, abarcando desde el más duro al más blando, como se ve en el siguiente gráfico:



Hacia el año 1915 aparecen **los portaminas**, ideados por el japonés Tokuji Hayakawa, quien produjo este tipo de lapiceros con minas de avance mecánico. Al principio, estos portaminas llevaban una sola mina gruesa, de 1 mm o más, para lo que era necesario un afilador especial para mantener la mina en condiciones (Ver figura 1). A partir de 1976 aparecieron en el mercado los portaminas de dibujo con capacidad de hasta 12 minas, y con grosores que van desde 0,3 mm hasta 0,9 mm de diámetro, y en diversas durezas y colores. En esencia este útil ha evolucionado en cuanto a diseño, tamaño y versatilidad, pero continua siendo un elemento mecánico al que se le incorpora una mina para su trazado.



Fig. 1: Portaminas, minas gruesas y afiladores



Fig. 2: Tiralíneas, adaptadores de compás y plumines

En los planos de arquitectura e ingeniería, una vez que el dibujo se trazaba a lápiz era necesario pasarlo a tinta para fijarlo, darle durabilidad, estética y precisión. Para ello se disponía de tres útiles, el tiralíneas, los adaptadores de compás y los plumines.

El tiralíneas, aparecido en el siglo XVII, se utilizaba para trazar exclusivamente líneas rectas. Constaba de un mango en cuyo extremo se fijaban dos pletinas metálicas terminadas en punta y graduables mediante un tornillo ajustable. La tinta se introducía entre las pletinas y con el tornillo se graduaba el grosor de la línea. Para el caso de líneas curvas existían **adaptadores** que se le incorporaban al compás como pieza auxiliar. Una vez el dibujo se terminaba en cuanto a líneas rectas y curvas, se procedía a entintar los rótulos o las líneas a mano alzada, si existían, para lo cual se utilizaban **los plumines**. Estos no eran más que un mango de madera al que se le colocaba en un extremo una punta metálica calibrada según distintos grosores similar a una pluma convencional. La figura 2 muestra distintos tipos de tiralíneas, adaptadores y plumines.

Este sistema tradicional de entintado permanece hasta la primera mitad del siglo pasado, cuando irrumpe entonces un revolucionario instrumento para el dibujo a tinta, mucho más rápido, preciso y limpio, nos referimos a los **rapidógrafos o estilógrafos**. Estos aparecen allá por 1930, aunque a España no llegan hasta unos años más tarde y los primeros fueron comercializados por la marca alemana **Rotring**, nombre con el que eran conocidos popularmente.



Fig. 3: Estilógrafo marca Rotring

El **rotring** era en esencia una pluma estilográfica al que se le sustituía el *plumín* por una punta calibrada con un depósito de plástico del que fluía la tinta por gravedad conforme se presionaba sobre el papel. Estos tenían distintos grosores, 0,1, 0,2, 0,3... según el tipo de línea a emplear. El que se observa en la figura N° 3 corresponde a un rotring del 0.4 de los años 75. La aparición de estos útiles supuso en el siglo XX un gran avance para los profesionales de la arquitectura y la ingeniería, hasta la década de los 70, que comenzaron a dejar de utilizarse por la irrupción de una nueva tecnología basada en la informática y los programas de diseño asistido por ordenador. Hoy días están prácticamente en desuso.



De los útiles de dibujo que hemos mencionado, podríamos decir que tan solo los lápices y portaminas se continúan utilizando en el campo de la ingeniería y la arquitectura para la realización de croquis, bocetos, toma de datos...., así como también en la etapa de formación de estos profesionales.

ÚTILES AUXILIARES

Hasta la aparición de los primeros programas de diseño asistido por ordenador, último cuarto del siglo pasado, la elaboración de planos en el campo de la arquitectura e ingeniería era totalmente manual y artesanal. Para estas tareas era necesario además de los útiles de trazado, tanto a lápiz como a tinta, otros elementos auxiliares de apoyo como reglas, plantillas, transportadores, bigoterías, compás, tecnógrafos, tableros de dibujo, afilaminas, tramas, etc.

Las reglas más utilizadas para planos a mano son **la regla, la escuadra y el cartabón**. Estas suelen estar graduadas en centímetros y milímetros y las hay de diferentes tamaños y tipos. Primeramente se fabricaron en madera y luego se hicieron en plástico y metal. Como variante específica de la regla está el **escalímetro**. Se trata de una regla graduada, de forma generalmente triangular, para medir dibujos a escala, que dispone de seis escalas básicas normalizadas. También existían otras formas como de abanico, de tira e incluso papel. Actualmente el escalímetro sigue siendo una herramienta utilizada y se fabrica en materiales más duros y estables como el plástico rígido o el aluminio.

Para el trazado de líneas curvas existían distintos tipos de plantillas como **las plantillas de círculos, las plantillas de elipses y las plantillas de curvas o plantillas Burmester**, de las que se muestra una colección en la figura 4, que se fabricaban de material plástico delgado, flexible y transparente para facilitar su uso y también existían diferentes tamaños y colores. Se utilizaban para el trazado de círculos, o partes de estos y elipses. Las plantillas de curvas es un conjunto de 3 plantillas, cuyos contornos de curvas obedecen a fórmulas matemáticas de combinación de elipses, espirales y curvas cónicas.

Otro instrumento muy usado en el dibujo de planos es el **transportador para medir ángulos**. Consiste en un círculo con divisiones de grados y minutos, tanto de graduación centesimal como sexagesimal. En el mercado se encontraba bien sobre un círculo completo o bien sobre medio círculo, por lo que se le conoce coloquialmente como **semicírculo**. Como todo instrumento de dibujo, el transportador requiere un cuidado muy especial, pues el daño que sufra su borde impide apreciar correctamente la indicación en la lectura. Actualmente se continúan utilizando pero en el ámbito escolar más bien, pues en el sector profesional prácticamente están en desuso.



Fig. 4: Plantillas de círculos, de elipses, de mobiliario, plantillas Burmester, y transportadores de ángulos

Otras plantillas utilizadas eran las de mobiliario, figuras geométricas, personas, símbolos etc., fabricadas en diferentes tamaños y también de material plástico flexible y transparente.



Fig. 5: Compás, bigoterías y algunos elementos auxiliares

Para el trazado de círculos y ángulos, se utilizaban distintos tipos de **compás**, siendo el más simple el compás de bisagra, una de cuyas patas posee una punta en su extremo, y la otra un lápiz, una mina o un estilógrafo. Para el trazado de circunferencias de radio pequeño se utilizaba **la bigotería**, de mayor precisión, ya que la abertura se gradúa mediante un eje roscado con rueda. El compás suele tener elementos auxiliares adaptables para distintas necesidades como alargaderas, para grandes arcos, adaptadores de estilógrafos para delinear a tinta, adaptadores para lápices de colores e incluso otra punta cuando se utilizaban para tomar medidas. En la figura 5 se muestra un conjunto de todos estos útiles.

Una vez dibujado el plano en cuanto a líneas rectas y curvas, se completaba añadiendo textos, números y símbolos que detallaban cada una de sus partes. Los textos y números se rotulaban a mano alzada con un **plumín**, un verdadero arte en la escritura. Algunos planos eran verdaderas obras pictóricas, como el que se observa en la figura 6 correspondiente a un plano topográfico de 1918.

Para la ejecución de rótulos el siguiente paso fue el uso del **normógrafo** o plantillas de letras, elaboradas mediante una tira de plástico flexible con letras, números y símbolos perforados. Las letras se dibujaban con un estilógrafo o "rotring" que se guía a través de las perforaciones. A este procedimiento excesivamente manual y poco limpio, le siguió uno más mecánico basado en el principio del pantógrafo. El **pantógrafo** es un instrumento de dibujo, que permite copiar una figura o reproducirla a escala, basándose en la teoría de la homotecia. El artilugio reproduce el dibujo mediante un sistema articulado de varillas metálicas, donde un extremo se fija sobre el modelo a reproducir y el otro extremo contiene la punta de trazado (lápiz, tiralíneas, o estilógrafo).



Fig. 6: Plano Topográfico MTN-50 – Año 1918. Instituto Geográfico Nacional

Sobre este instrumento, generalizado para distintas artes, se diseñó uno específico para la rotulación, conocido vulgarmente como **cangrejo**. El **cangrejo** fijaba la punta pivote sobre una plantilla de plástico rígido con un alfabeto de letras ranuradas en superficie, mientras en el otro extremo se colocaba el estilógrafo. Este procedimiento daba mayor calidad, precisión y rapidez en el trazado y se ha utilizado hasta prácticamente la década de los 90. La figura 7 muestra un ejemplo de estos útiles de rotulación.

Independientemente de los útiles empleados era necesario, para realizar un buen dibujo, disponer de un espacio de trabajo apropiado, cuyo *alma mater* era **la silla y mesa de dibujo** (figura 8). A la mesa como tal se



Fig. 7: Normógrafos o plantillas de letras de distintos tamaños y colores y "cangrejo" con juegos de regletas

le exige al menos tres condicionantes: tener una adecuada altura, disponer de un amplio tablero rígido y permitir la regulación y oscilación de este. La silla, normalmente giratoria y regulable en altura, quizás ya se aplicaban los primeros principios de ergonomía, se diseñaba para adaptarse a la persona y la mesa, pues generalmente se permanecía tiempo en ella. Al simple tablero o mesa de dibujo se le incorporó luego, como elemento accesorio, en la segunda mitad del siglo XX el **tecnógrafo**. Este era un aparato mecánico, montado sobre una mesa, compuesto por un sistema de reglas rígidas articuladas que permiten autotrasladarse paralelamente a sí mismas y al que se le acoplaba además una escuadra móvil para realizar líneas en ángulo (figura 8). Este aparato, en su época excesivamente costoso y sofisticado, derivó a uno más simple, económico y sencillo de manejar, el conocido **paralex**, aún en vigor.



Con la aparición del diseño asistido por ordenador el uso, tanto del tecnógrafo como del conjunto mesa-silla y el propio paralex, se ha visto drásticamente reducido, quizás únicamente al ámbito académico.



Fig. 8: Mesa de dibujo en madera (1930), taburete giratorio y regulable (1965) y tecnógrafo montado sobre mesa de dibujo (1975)

LOS SOPORTES

El soporte sobre el que se realice el dibujo o plano no necesariamente tiene que ser papel, sino que a lo largo de la historia se han utilizado infinitos soportes, desde los primeros dibujos en piedra o madera hasta los más variados soportes actuales (poliéster, acetato, cartón-pluma, melamina...). En nuestra vida profesional el ingeniero a veces tiene que improvisar los soportes más inéditos para hacer un croquis, un detalle o un simple esquema. Nos referimos a soportes como una tabla, un trozo de cartón, la propia pared, el suelo, un recorte de un saco y algunos más, que aunque no den una calidad suficiente al dibujo si debemos tener presente la posibilidad de usarlos en obra o en la industria.

En el trabajo de gabinete o estudio el soporte generalizado es **el papel** en sus diferentes tipos, gramajes y texturas. En el campo del dibujo técnico, a lo largo del siglo pasado y del presente, se han utilizado diferentes tipos de papel, aunque obviamente han evolucionado hacia una mejor calidad de los mismos y el abanico de los diferentes tipos se ha incrementado.

La aparición del papel en el siglo XIV realizado con distintos materiales y en distintos tamaños, ha permitido que éste sea un soporte imprescindible para la realización de dibujos y planos en todos los sectores de la expresión gráfica. En el mercado han existido, y la mayoría aún existen, una gran variedad de papeles para dibujar. Un buen papel de dibujo, como norma general, debe reunir una serie de condiciones como:

- Permitir un buen trazado a lápiz.
- Tener consistencia, superficie lisa y ser inalterable y resistente a la luz.
- Color blanco o ligeramente amarillento.
- Admitir la tinta sin que ésta se expanda.
- No dejar huella después de borrar.
- Favorecer su óptima conservación y archivo.
- Facilidad de manejo y plegado.

El Papel opaco, es un papel de color blanco o tonalidades amarillentas, y de distinto gramaje. Se ha utilizado como un papel básico para delinear a lápiz hasta que apareció el papel diapost. Actualmente en dibujo técnico se utiliza para dibujos a mano alzada, borradores y para impresión. En las figuras 9 y 10 vemos dos planos reproducidos en papel opaco.



Fig. 9: Plano del Alzado del Campo de Deportes del Sevilla C.F, realizado por el arquitecto Alfonso Gómez de la Lastra. Reproducción en papel opaco del año 1953.

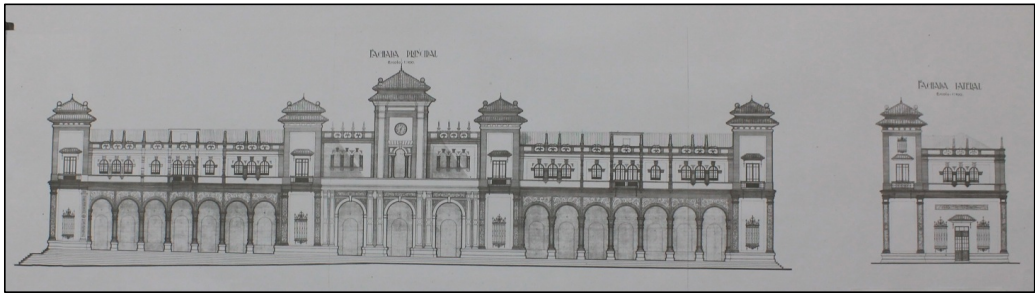


Fig. 10: Copia de plano en papel opaco correspondiente a la "La Fachada de la Estación de Ferrocarril de Jerez de la Frontera" Original realizado a mano en papel vegetal. Año 1942. Archivo General de la Administración

El **papel diapost**, es un papel semitraslúcido de baja calidad, que se utiliza para dibujar a lápiz, pues no soporta el uso de la tinta. Se comercializaba en rollos de gran tamaño y su coste era bajo, por ello el dibujante utilizaba grandes pliegos con objeto de evitar centrar el dibujo y añadir cuantas notas aclaratorias deseara ya que no era el dibujo final. Una vez el dibujante terminaba el dibujo a lápiz este se pasaba a tinta, para lo que se utilizaba el papel vegetal, colocado encima del diapost, ya convenientemente centrado y cortado a su tamaño.

El **Papel traslúcido o vegetal**, notablemente transparente y de tono blanco azulado, permite el paso de la luz a su través, lo que facilita ver con claridad cualquier dibujo que esté debajo del mismo. Se utilizaba para dibujar a tinta, pues permite su borrado y rectificación si es necesario, con bastante facilidad sin que se deteriore el papel, incluso raspando con cuchilla. Tiene problemas de humedad y sufre deformaciones imposibles de arreglar. El papel vegetal ha jugado un papel importante en la realización de planos de arquitectura e ingeniería, y su uso se remonta a finales del siglo XIX y todo el siglo XX. Tanto el papel diapost como el papel vegetal, han caído en desuso para elaboración de planos de ingeniería y arquitectura, aunque se utiliza en otros menesteres y en otras artes. En la figura 11 podemos ver, a la izquierda, planos en papel diapost y su copia a tinta en vegetal, y a la derecha diferentes planos en vegetal.

El **papel reproducible** era realmente una copia del papel vegetal, realizado en copiadora, con objeto de disponer de varios originales para destinarlos a distintos usos. Este papel, de tonalidad marrón y mayor rigidez que el vegetal, tenía características similares a este, pero la particularidad de que había que borrarlo sobre la cara opuesta a la que se visualizaba el dibujo.



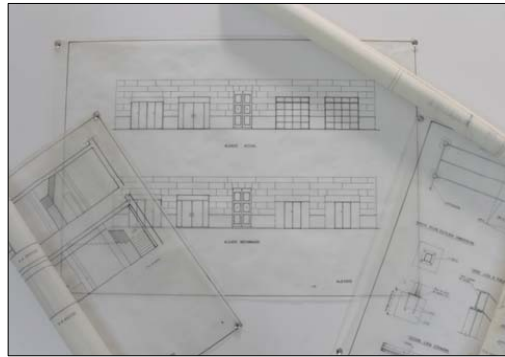
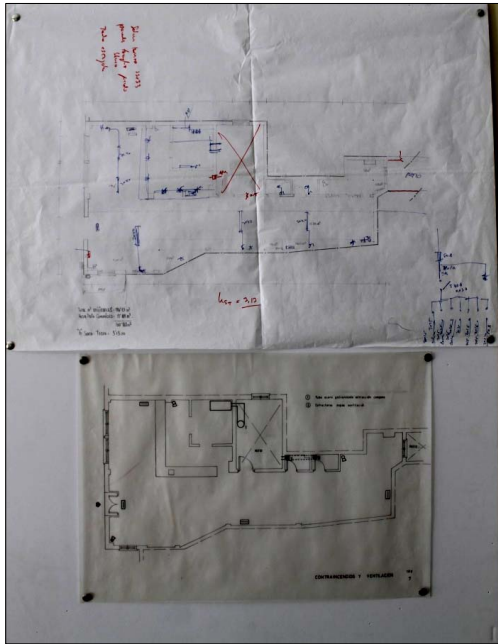


Fig. 11: Planos en papel diapost y papel vegetal.
Propiedad de los autores. Año 1987

LOS PROCEDIMIENTOS DE ELABORACION Y ARCHIVO DE PLANOS

La elaboración de planos a lo largo de la historia ha estado ligada a aspectos muy diversos como la calidad de los útiles de trazado, las características de los soportes empleados y las técnicas de dibujo, pero en cualquier caso han tenido una fuerte componente manual y artesanal. En la práctica para elaborar un plano de un proyecto suponía realizar el dibujo 2 veces, una a lápiz y otra a tinta. El proceso se basaba en la confección de un solo original del cual se podían obtener todas las copias necesarias en papel reproducible, para a su vez cada una de ellas destinarla a distintos usos, como electricidad, fontanerías, mobiliario, superficies, etc. Estos originales solía tener un valor excepcional y se guardaban y custodiaban con celo. Esta larga tarea requería abundante mano de obra cualificada.

Los estudios de arquitectura e ingeniería del siglo pasado eran auténticas empresas que generaban gran cantidad de mano de obra, no solo para dibujar y elaborar planos, sino también para calcar, cortar, archivar, plegar e imprimir, pues este era también un proceso complejo y manual. En las oficinas de arquitectura e ingeniería también existían otros profesionales como administrativos (escribían a máquina memorias y mediciones) y peritos que elaboraban, mediante un proceso metódico y manual, las mediciones y presupuestos. Incluso las tareas previas de medir y replantear el solar necesitaban personal de apoyo, pues los equipos de topografía estaban al alcance de muy pocos. Entre todas estas figuras destacaba sobremedida el delineante.

El delineante era un técnico con estudios similares al bachillerato aunque con una formación más práctica y técnica que estaba especializado fundamentalmente en la elaboración e interpretación de planos y dibujos. Este profesional tenía conocimientos básicos sobre construcción, topografía, presupuestos, mecánica, electricidad, electrónica, física industrial, etc. según la rama profesional donde se especializaba. A comienzos del siglo XX aparecen las Escuelas de Trabajo que impartían una enseñanza no reglada, a los alumnos que pretendía **aprender un oficio**. En los años 50 aparecen las **Escuela de Aprendizaje y Maestría industrial** donde se forman los primeros técnicos especialistas, donde se encuadra la figura del delineante. En 1970 aparecen los centros de **Formación Profesional** y quedan perfectamente reglados los estudios de Formación Profesional, con una duración de 2 ó 5 años, según el grado. Entre estos técnicos estaba el Técnico Superior en Delineación que podía cursar la rama de construcción o de industria. Esta figura profesional, casi indispensable y necesaria en cualquier estudio, ayuntamiento, empresa o Ente público relacionado con la arquitectura e ingeniería, prácticamente ha desaparecido o ha tenido que reciclarse hacia otras tareas, mismamente el diseño asistido por ordenador.

En el proceso de elaboración de planos jugaba un papel fundamental su posterior conservación y archivo, pues cualquier proyecto generaba una cantidad importante de ellos. La conservación y archivo se hacía en armarios o *planeros*, como los de la figura 12, donde se archivaban, perfectamente identificados, en posición

horizontal o vertical y estaban protegidos de la luz y la humedad. Estos planeros, como podemos imaginar, necesitaban de importantes espacios. A título curioso, los planos que se archivaban hace 25 años en 10 armarios o planeros situados en un habitáculo de 10 m², se hacían en los años 90 en varias cajas de diskettes de 5 ¼, en los años 95 en un par de cajas de diskettes de 3½ y actualmente en un pendrive que pesa 10 gramos y cabe en un bolsillo, algo increíble hace simplemente 25 años.

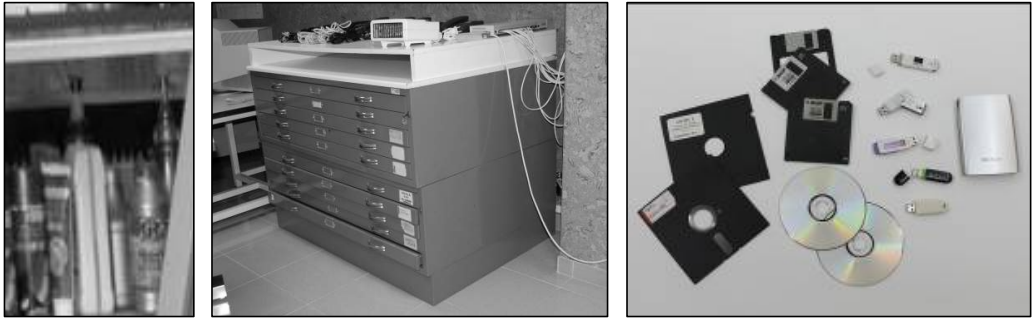


Fig. 12: Sistemas de almacenamiento de planos. Planero metálico vertical cerrado y Planero metálico de cajones de los años 60. A la derecha diskette 5¼, diskette 3½, CD, pendrive y disco duro externo.

El proceso y tecnología manual ha existido durante todo el siglo XX de forma más o menos parecida, aunque la aparición de algunos útiles auxiliares y las mejoras en los espacios de trabajo facilitaban y aligeraban notablemente el tiempo y calidad de los trabajos. En los años 50 del siglo XX aparecen los primeros ordenadores, aunque en principio éstos tienen escasa capacidad y bajas prestaciones que no permiten su uso en la elaboración de planos. Posteriormente en los años 60 aparecen los primeros ordenadores comerciales, únicamente al alcance de grandes empresas o instituciones de investigación debido a su elevado coste, que estaban destinados más bien a tareas de contabilidad, transcripción de textos, elaboración de base de datos, cálculos matemáticos y otros sencillos cometidos, pero no abordaban el diseño gráfico, la elaboración de planos y cálculos técnicos relacionados con la arquitectura e ingeniería.

Conforme aparecen nuevos fabricantes, nuevas aplicaciones informáticas y los costes de comercialización bajan, el uso y adquisición de ordenadores se extiende a todos los sectores de la sociedad. En los años 70 aparecen los primeros programas de dibujo, muy embrionarios, que se limitaban a la generación de dibujos mediante un proceso similar a su realización a mano. Nace por entonces la primera empresa que aborda el estudio, concepción y elaboración de gráficos y dibujos llamada entonces M&S Computing, y que más tarde pasará a llamarse Intergraph.

En la década de los 80 se verán ya avances importantes en hardware y software y, en particular, en modelado sólido. En 1982 nace Autodesk lanzando al mercado una versión 2D del hoy conocido **AutoCAD**, que permitía el dibujo asistido por ordenador a grandes empresas e instituciones. A finales de los 90, AutoCAD era el programa de diseño gráfico más difundido en el mundo, aunque su manejo, comercialización y popularidad se retrasa hasta 1995, hace poco más de 15 años. A partir de aquí se produce una verdadera revolución en este campo, con la aparición de nuevos programas y empresas comercializadoras que además de mejorar las prestaciones y versatilidad de los programas han conseguido bajar el coste a niveles populares. Aunque aparecieron otros programas de CAD como **Archicad**, **All plan**, **Turbocad**, **Autocad** siguió siendo durante el resto del siglo XX el programa de CAD por excelencia. Fácil de usar, potente, versátil y siempre en continua evolución y mejora. La última versión del programa en el siglo pasado sería Autocad-2000.

En 1997 aparece **Revit**, que constituye el primer sistema de modelización paramétrica en 3D para el sector de la construcción. Con este sistema de **parametrización**, no es necesario realizar correcciones en los planos, como consecuencia de cualquier cambio en el diseño, sino que dichas correcciones las realiza automáticamente el sistema. Los beneficios del diseño paramétrico son múltiples. En primer lugar, es posible comenzar el proceso de diseño partiendo de bocetos poco detallados o dibujados habitualmente a *mano alzada*. Otra ventaja importante es la posibilidad de interrelacionar las dimensiones mediante ecuaciones, con lo cual cualquier modificación en un elemento del diseño provoca automáticamente las modificaciones en el resto de elementos interrelacionados con el primero, y todas las modificaciones se reflejan en todos los documentos de proyecto.

La evolución en los programas de CAD en el nuevo siglo XXI, ha sido desorbitante y su análisis daría lugar a una nueva comunicación. Desde el año 2000 han aparecido múltiples programas de CAD para distintos sistemas operativos, con requerimientos y prestaciones adaptadas especialmente para arquitectura y a las distintas ramas de ingeniería e incluso versiones educacionales lo que ha hecho que el dibujo y elaboración tradicional de planos pase a ser una auténtica desconocida.



EL ACABADO E IMPRESION DE PLANOS.

Paralelamente a los avances en los procedimientos de elaboración de planos, también se han producido grandes avances en la presentación final de los estos y en los sistemas de impresión de los mismos.

El paso final en la realización de cualquier plano era su presentación y acabado final con la aplicación de texturas, sombreados, colores, rótulos y fotos fundamentalmente. Esta tarea, también era por un procedimiento manual y de ella dependía la calidad y brillantez del trabajo final. Incluso se intentaba crear un cierto realismo con la aplicación de tramas y colores para presentar un proyecto a un cliente, tarea que volvía a necesitar la mano de un técnico con ciertas dotes artísticas.

Con la aplicación del color se pretendía definir mejor el diseño, resaltar las formas o simular el tipo de material. En los comienzos del siglo pasado esta tarea se hacía utilizando el lápiz de color, cuyo principal problema era la inconsistencia del color y las numerosas rayas que se producen al aplicarlos. Esto se solucionaba mediante la técnica de difuminación. El difumino es un instrumento en forma de lápiz compuesto enteramente por un papel prensado con su extremo afilado, cuya punta se frota suavemente sobre las superficies coloreadas, consiguiendo la eliminación de rayas y el abrillantado de la imagen. Posteriormente este tratamiento se haría con tramas de colores y excepcionalmente para grandes planos y soportes especiales se utilizaría el aerógrafo, una pequeña pistola para pintar.

Además del uso **del color** en la presentación final, también se aplicaban sombreados, texturas (rayados, punteados, ondulaciones) y acabados para materiales (solerías, tejas, ladrillos...) etc. mediante el uso del lápiz u otro procedimiento manual y posteriormente con la aparición de las tramas.



Fig. 13: Tramas adhesivas de texturas, letras y números.

El **papel de trama** es una lámina transparente adhesiva que lleva un motivo impreso (puntos de distintas densidades, rayas, vegetación, tejas, ladrillo, mobiliario y otros efectos) e incluso letras y números. Su aplicación era sencilla aunque se necesitaba cierta destreza y habilidad. El papel se situaba encima de la zona del plano a tratar y con un *cúter* o cuchilla se recortaba la trama al tamaño que se pretendía cubrir y se adhería sobre el papel soporte. Todos este proceso suponía primero disponer de varios modelos de papel de trama e invertir bastante tiempo en tales tareas. Con el tiempo tenían el inconveniente que se podían decolorar y desprender. Ver algunos ejemplos en la figura 13.

Estas técnicas de acabado y presentación final de la planimetría, han cambiado considerablemente con la aparición de las nuevas tecnologías, concretamente el CAD y la infografía, esta última mas reciente. La infografía es una técnica de creación de imágenes virtuales tridimensionales mediante avanzadas técnicas informáticas, que posibilitan aplicar colores, texturas, relieves y acabados en general; así como luces y ambientaciones que nos permite contemplar de manera virtual el edificio terminado, e incluso un recorrido virtual del exterior e interior.



Fig. 14: Máquina de copias v reproducibles de los

Actualmente están casi desaparecidas.

Una vez el plano se concluía en cuanto a dibujos, letras y acabados, se procedía a cortarlo a tamaño normalizado y posteriormente realizar **las copias** necesarias. Estas copias llamadas técnicamente **heliográficas** se hacían del soporte original, es decir del papel vegetal. La máquina funcionaba de forma similar al revelado fotográfico, donde el papel de copia, previamente tratado y expuesto a la luz, pasaba conjuntamente con el vegetal por unos rodillos mecánicos que lo impregnaban de un componente químico de amoniaco. Estas máquinas de elevado coste necesitaban casi un habitáculo especial para ellas, por los productos químicos que utilizaba, la suciedad que generaban y el tamaño de las mismas, como la que muestra la figura 14.

Tras estas primeras copadoras que dejaron de funcionar allá por los años 80, se introducen en el mercado las primeras **impresoras matriciales**. La impresión por matriz de puntos, circunscrita a formas simples a partir de

líneas y puntos, no dejaba de ser una forma de reproducción muy limitada. En los primeros años de la década de los noventa, se comienzan a introducir en el mercado las impresoras de **chorro de tinta**, inicialmente muy rudimentarias, costosas y voluminosas, van evolucionando a modelos más económicos, simples y pequeños, hasta tal punto que su costo llega a veces a ser similar al costo de la tinta que utilizan. A finales de los años 90 irrumpen en el mercado las **impresoras láser**, que como todo producto tecnológico nuevo estarán en manos de unos pocos, por su elevado costo y dificultad de reparaciones, pero poco a poco serán otro componente más de la tecnología informática cuya alcance se ha generalizado a todas las clases y estamentos sociales. El proceso de impresión ha degenerado en una notable reducción de tiempos y costes, y en una mayor versatilidad del software, prácticamente al alcance de casi todos.

Aunque la impresión de planos era el paso final en el proceso de elaboración de la documentación gráfica de un proyecto, gracias a los programas de diseño por ordenador es posible visualizarlos previamente y modificar datos de una forma rápida y eficaz sin necesidad de imprimirlos. En un principio estos programas de diseño solo realizaban dibujos bidimensionales, por lo que su previsualización en pantalla era más bien para correcciones técnicas y constructivas que para su presentación comercial. Este obstáculo ha sido la gran revolución del siglo XXI donde existen numerosos software informáticos como **3D Max, All Plan, V-Ray, Archicad, Dibac y Autocad** que permiten hacer modelados tridimensionales, auténticas maquetas reales de los proyectos, que simulan casi a la perfección la realidad constructiva.

CONCLUSIONES

Esta comunicación ha pretendido, como se anunciaba en la introducción, *narrar una historia* para que nuestros estudiantes y futuros profesionales aprecien la enorme evolución y esfuerzo que la sociedad ha hecho en los últimos años para pasar tan drásticamente desde un proceso eminentemente manual y artesano en la elaboración de planos y dibujos a un proceso totalmente informatizado y automatizado donde el técnico puede concebir, dibujar, rectificar, visualizar, archivar e imprimir los planos en un tiempo record, a un coste muy bajo, con una calidad excelente y sobre todo una reducción de espacios para su archivo realmente sorprendente. Esta evolución discurre desde una concepción puramente manual, y artesana hasta un proceso totalmente informatizado, pero a su vez despersonalizado donde el técnico, a través de una máquina dibuja e imprime el plano, sin poderle inferir ningún carácter personal e impronta, más que aquellos escasos atributos y propiedades que la computadora y el software permitan.

Cabría preguntarse si nuestro alumnado y futuros profesionales deben simplemente conocer esta historia como *un cuento del pasado*, o por otro lado deberían además implicarse, al menos, en el manejo básico de estas técnicas del pasado, con objeto de no tener una dependencia total del ordenador y a su vez poder inferir a sus dibujos su personalidad y carácter y no con la frialdad que una máquina lo elabora y reproduce.

Referencias bibliográficas

Archivo Histórico Ferroviario. Museo del Ferrocarril de Madrid. Estación de Madrid Delicias. Pº de las Delicias, 61 – 28045 – Madrid – <http://www.ffe.es>

Hemeroteca Municipal de Sevilla, Instituto de la Cultura y de las Artes de Sevilla, Ayuntamiento de Sevilla. C/ Almirante Apodaca, 6A – 41003 Sevilla – <http://www.icas-sevilla.org/>

Archivo Municipal de Jerez, Área de Cultura – Ayuntamiento de Jerez. Plaza General Primo de Rivera 7 y 8 – 11403 Jerez de la Frontera (Cádiz) – http://www.jerez.es/areas_tematicas/cultura/archivo_municipal/

Archivo proyectos empresa Arinsur, S.C., Avda. Reyes Católicos, 60 – 41702 Dos Hermanas (Sevilla) – arinsur@hotmail.com

Sainz, J. (1990) *El Dibujo de Arquitectura*. Madrid. Nerea

Sainz, J y Valderrama, F. *Infografía y Arquitectura*. Madrid. Nerea

Allen, G. (1982) *Arte y proceso del dibujo arquitectónico*. Barcelona. Gustavo Gili

Steel, J. (2001) *Arquitectura y revolución digital*. Barcelona. Gustavo Gili.

Powell, D. (1986) *Técnicas de Presentación*. Londres. Hermann Blume

Wikipedia, *La enciclopedia libre* – <http://www.wikipedia.org>



Esteban José RIVAS LÓPEZ

Universidad de Granada
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería

Resumen

The work attempts to reveal the complex process of architectural synthesis of the Carmen de la Fundación Rodríguez-Acosta. Working with the base of unpublished documents obtained in various archives, we aim to show how the events surrounding its origin really occurred, in a process which we may call *graphic inquiry*. When we approach the architecture of the Carmen Blanco, mainly through the analysis of drawings plotted by different architects who participated in its process of projection, we can most definitely say that the work was born principally from the hands of two architects: Modesto Cendoya Busquet and José Felipe Giménez Lacal.

Texto comunicación

El Carmen de la Fundación Rodríguez-Acosta, comúnmente conocido como el Carmen Blanco por el color puro que refleja su epidermis, es una obra arquitectónica emblemática en el paisaje tanto físico como cultural de la ciudad de Granada, configurada como un conjunto constituido por la suma de los jardines y el edificio que sobre ellos se asienta, que el pintor granadino José María Rodríguez-Acosta encargara construir sobre la primitiva colina del Mauror de la ciudad nazarí para albergar su casa-estudio. Así, el Carmen Blanco, actualmente considerado Bien de Interés Cultural, es una obra excepcional que a su término se instituiría como un magnífico hito arquitectónico, siendo aún hoy en día reconocible en la *visión lejana de la ciudad*⁹.

Este trabajo pretende poner de manifiesto el complejo proceso de conformación arquitectónica de la excepcional construcción, desentrañando sobre la base de la documentación que he podido recabar, los orígenes de tan singular obra, desvelando como se sucedieron realmente los acontecimientos que rodearon al nacimiento del conjunto arquitectónico, en un proceso que me atrevo a calificar de *indagación gráfica*. Se trata a la postre de desvelar el misterio que aún hoy permanece, de cuál fue el verdadero papel que jugaron los diferentes arquitectos que intervinieron en el proceso de proyectación y la paralela edificación del Carmen Blanco, así como también el propio cliente, el pintor granadino José María Rodríguez-Acosta, un hombre adinerado, «nacido de una estirpe de magnates económicos además de hidalgo» (Pérez de Ayala 1994, p. 319), que como describiera Rafael Moneo, «soñaba con una construcción singular que hiciese de su estudio significativa atalaya sobre la ciudad» (2001, p. 17).

Para la consecución de los objetivos marcados, la investigación es abordada a través de una triple herramienta procedimental. En primer lugar, mediante el recurso a la bibliografía publicada sobre el Carmen Rodríguez-Acosta. De otra parte, mediante la exploración de diferentes bases documentales, que han resultado ser contenedoras de una valiosa documentación gráfica, que ofrece nuevas pistas reveladoras sobre los orígenes de esta edificación. Son, en este caso, el Archivo Histórico Municipal de Granada¹⁰, y el archivo privado del arquitecto José Felipe Giménez Lacal¹¹. El método se completa en un tercer momento, mediante el acercamiento a la arquitectura objeto de estudio, esencialmente a través del examen y análisis de sus dibujos, pues es en ellos donde subyace el proceso de ideación y proyectación arquitectónica llevado a cabo por los arquitectos que intervinieron, y en ellos se constituye la verdadera gestación de las diferentes etapas que posibilitaron la realidad del Carmen Blanco. Se trata de efectuar un acercamiento a la arquitectura con las herramientas del Análisis Arquitectónico, en definitiva, «entender que la superioridad de la traza, como pone de manifiesto Hambidge, hace al arquitecto, creador de la arquitectura, y del mismo modo las herramientas gráficas, como modo propio de nuestro trabajo, nos permiten entenderla como tal, en su prístina desnudez, sin más adornos, ni más afeites» (Casado de Amezúa 2009, pp. 6-7).

Entrando en la exposición de los resultados, es necesario destacar como la investigación lleva a entender de forma bastante clara, que la sucesión de acontecimientos que acabaría dando como resultado la construcción del Carmen, se desarrollaría fundamentalmente en tres fases.

⁹ Siguiendo la definición dada al concepto en: (Casado de Amezúa 2006, p. 115).

¹⁰ En adelante, AHMG.

¹¹ Contenido dentro del archivo privado del ingeniero Miguel Giménez Yanguas, en adelante, AMGY.

Para comenzar, es necesario mencionar una primera etapa en la que destacan dos sucesos¹²: la compra de los terrenos sobre los que se asentaría el Carmen, que se debió de producir poco antes de octubre de 1915, y la reestructuración que supuso para aquella manzana la operación de enajenación de los terrenos del callejón del Rey Chico, que se haría firme en diciembre del mismo año. Esta última actuación sería la que permitiría concebir posteriormente el Carmen como un conjunto arquitectónico único, sin fragmentaciones; es necesario recordar que el callejón -a día de hoy borrado- dividía los terrenos de la parcela en dos. Importante en este momento fue el desempeño ejercido por el equipo técnico municipal de urbanismo de la ciudad de Granada, constituido en esencia por los arquitectos Ángel Casas Vilchez y Modesto Cendoya Busquet, ambos amigos personales del artista, sin los que previa participación, entiendo que hubiera sido más difícil sacar adelante, tan ambicioso proyecto como el del Carmen Rodríguez-Acosta. A la postre, la intervención de estos arquitectos como técnicos municipales, en las gestiones urbanísticas relacionadas con la construcción de la edificación, sería decisiva. Sirva de muestra la importante aprobación en mayo de 1918 del *Proyecto de modificación de rasantes de la calle Niño del Royo*¹³ (Fig 1), que haría posible la configuración actual en sección de dicha vía, gracias a la «improvisada» iniciativa de Casas y Cendoya.

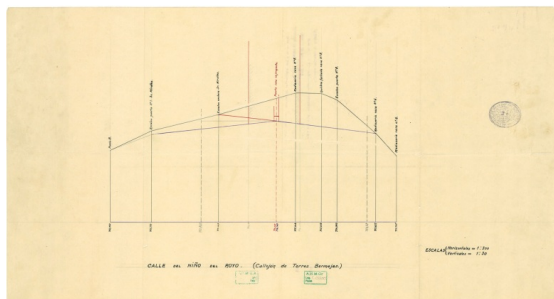


Fig 1. Casas, Á, *Propuesta de modificación de rasantes para la calle Niño del Royo*, 1915, AHMG.

En segundo lugar, se aprecia un periodo fundamental para la concepción del Carmen, que es el asociado a la construcción del jardín. Me refiero estrictamente al desarrollo de las obras desde su inicio, hasta que alcanzaran la cota base de cimentación de la casa-estudio. El periodo se puede acotar aproximadamente entre inicios de 1916, y el momento de la expedición de la licencia de obras para la construcción de la casa-estudio¹⁴, que he podido fijar en el mes de agosto de 1917. Se trata de una fase bastante fluida, aparentemente vinculada en exclusiva a la figura del arquitecto Modesto Cendoya Busquet. Todo apunta a que sería él, quien proyectaría y dirigiría los trabajos de estabilización de la ladera del Mauror donde se situaría la construcción, y por consiguiente, quien se encargaría del aterrazamiento de aquellos terrenos y de la construcción del jardín. Así lo manifestaron autores anteriores como Moneo (2001, p. 24) o Revilla (1992, p. 159), y lo apoya la aparición de nuevos documentos, entre los que se encuentran la licencia de obras de la casa-estudio antes mencionada, o la licencia de obras para la modificación de rasante de la calle Niño del Royo¹⁵ -de agosto de 1918-, en la que también se cita a Cendoya como técnico director de los trabajos correspondientes. En cualquier caso, aunque los datos hallados hasta el momento no hablen explícitamente de la relación entre Cendoya y las obras del jardín, el hilo de los acontecimientos respalda la tesis de que su intervención en esta etapa fue fundamental.

Por último, se hace indispensable subrayar la fase comprendida entre los años 1916 y 1928, que contempla el tiempo en el que se desarrollarían los trabajos de proyectación y construcción de la casa-estudio. Se trata de un tramo bastante complejo, en el que, desde un momento paralelo al de la construcción del jardín, serían varios los proyectos que diferentes arquitectos idearían para la casa-estudio.

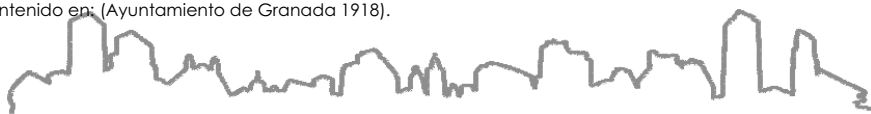
En primer lugar, aparece en octubre de 1916 el proyecto de Ricardo Santa Cruz de la Casa, que en líneas generales, marcaría las directrices básicas del edificio que se acabaría construyendo, destacando principalmente el orden piramidal que el arquitecto le otorgara a las crujeas en la dirección del eje norte-sur, quizá como consecuencia del paso de la fachada horizontal y cerrada volcada a la calle Niño del Royo, a otra con espíritu de verticalidad, abierta al jardín, característica que igualmente acabaría heredando el edificio construido. Señalar también como la ordenación que el técnico le diera a las torres en el alzado sur, acabaría marcando la solución del mismo en la propuesta final. En definitiva, aunque los alzados arabizados que dibujara Santa Cruz se distancien mucho del resultado último que hoy contemplamos, el proyecto del arquitecto afinado en Málaga definiría, en lo referente a la traza, gran parte de la configuración del edificio final. Tras la entrega de su proyecto, todo parece señalar que este arquitecto no intervendría en las labores de construcción del edificio.

¹² Según se concluye del estudio del expediente inédito: (Ayuntamiento de Granada 1915-1918).

¹³ Documento inédito, contenido en: (Ayuntamiento de Granada 1915-1918).

¹⁴ Documento inédito, contenido en: (Ayuntamiento de Granada 1917).

¹⁵ Documento inédito, contenido en: (Ayuntamiento de Granada 1918).



Los datos descubiertos, indican que tras el cese del arquitecto residente en Málaga, una vez finalizada la construcción del jardín -aproximadamente a partir de la fecha documentada para la concesión de la licencia de obras de la casa-estudio en agosto de 1917-, y al menos hasta después de la fecha de la aprobación del *Proyecto de modificación de rasantes de calle Niño del Royo* -en mayo de 1918-, Modesto Cendoya hubo de hacerse cargo de la dirección de los primeros trabajos de obra de la casa-estudio, posiblemente, con el apoyo de los planos de Santa Cruz. De este modo, habría que atribuir a Cendoya la paternidad de los trabajos de obra referentes a la casa-estudio, que Teodoro Anasagasti encontraría ejecutados cuando tomara tiempo más tarde las riendas del proyecto, pues a la llegada de Anasagasti en 1921, ya se habría construido desde la cimentación, hasta parte de la estructura muraria de la planta baja, incluyendo el arco de paso al jardín sur, que habría sido ejecutado con sección de medio punto y no ojival, como proyectara Santa Cruz. Así quedaría reflejado en los planos de «estado actual» de las obras, que el bermeano dibujaría al aceptar el proyecto, y en la fotografía tomada por Byne y Stapley sobre finales del año 1921 (Fig 2), con la que presentarían los jardines del Carmen como «the creation of the painter Don José Rodríguez-Acosta» (1924, p. 178). En consecuencia, creo necesario poner en valor la labor del arquitecto Modesto Cendoya, puesto que aparte de su más que posible relación con la construcción del jardín, su intervención en momentos simbólicos del proceso como la enajenación del callejón del Rey Chico, la aprobación del *Proyecto de modificación de rasantes de la calle Niño del Royo*, o los inicios de la construcción de la casa-estudio, sería decisiva para la configuración del conjunto arquitectónico del Carmen y su entorno urbano. Por lo tanto, deben desestimarse aquellas consideraciones que en algún momento restaron importancia al papel de este arquitecto en la génesis del Carmen Rodríguez-Acosta¹⁶.



Fig 2. Byne, A & Stapley, M. *Vista de la obra del carmen de José Rodríguez-Acosta [detalle de la construcción]*, ca 1921. (Byne & Stapley 1924, p. 181).

Como adelantaba, entre febrero y octubre de 1921, surge el segundo proyecto conocido para la casa-estudio, de manos del arquitecto Teodoro de Anasagasti y Algán. Aparte de la eliminación de la entreplanta del proyecto de Santa Cruz, el nuevo orden impuesto al alzado norte con el cambio de posición de la torre alta, y la incorporación de la escalera helicoidal de servicio, pocas más son las aportaciones que Anasagasti hace al edificio que finalmente se construiría. La planta del proyecto mantiene, en líneas generales, la estructura de la planteada anteriormente por Santa Cruz, a la que principalmente le agregaba las estancias que franquearían el vestíbulo que da al jardín, pero con una configuración volumétrica que acabaría siendo desestimada (Fig 3). En suma, aunque Anasagasti abandona en su propuesta toda alusión a una arquitectura bermeana al eliminar las referencias al arco ojival, propone como alternativa una arquitectura medievalizada, folclorizada por la disposición de ochavados y almenas, repleta de pintoresquismos, que nada tiene que ver con la de la solución definitiva. Finalmente, Teodoro de Anasagasti tampoco intervendría en las obras del edificio.

En último lugar, sobre febrero de 1924, aparece el proyecto para la casa-estudio de José Felipe Giménez Lacal, cuyos dibujos he hallado en el archivo del propio arquitecto. Las primeras plantas del edificio dibujadas por Giménez Lacal, conllevan una cierta crítica a las de Anasagasti, pues aunque el arquitecto granadino respeta en términos generales la disposición de los espacios establecida por el proyectista bermeano, matiza su estructura, realizando una operación de limpieza que conseguiría hacer algo más diáfanos los espacios. Pero las verdaderas críticas de Giménez Lacal al proyecto de Anasagasti, las encontramos en los dibujos de los alzados, demostrándose que la llegada de este arquitecto, supondría la introducción de un nuevo lenguaje; el del edificio construido. Los dibujos de Giménez Lacal buscan una imagen arquitectónica limpia de todas aquellas reminiscencias folcloristas que plagaban el proyecto del arquitecto de Bermeo. Aunque con matices,

¹⁶ Por ejemplo, las reflejadas en: (Capitel, Frenchilla & Ruiz 1983, p. 19).

se podría decir que la solución de Giménez Lacal es, en este sentido, mucho más cercana a la propuesta del arquitecto Santa Cruz que a la de Anasagasti. En todo caso, aunque los primeros planos elaborados por el arquitecto granadino se acercan bastante a la solución final, aún reflejan una concepción del edificio que dista algo de la definitiva (Fig 4).



Fig 3. Anasagasti, T d, Apunte ideativo en aguada del Carmen Rodríguez-Acosta, ca 1921, AMGY.

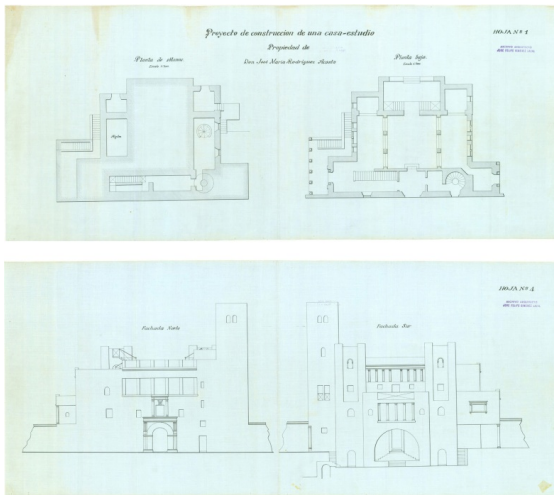


Fig 4. Giménez Lacal, J F, Casa-estudio para D. José María Rodríguez-Acosta: «Plano nº1. Plantas de sótano y baja», «Plano nº4. Fachadas norte y sur», ca 1924, AMGY.

Sin embargo, esta investigación ha descubierto toda una serie de dibujos inéditos que completan el proyecto de la casa-estudio, en los que sobre la base de sus primeros planos, Giménez Lacal resuelve prácticamente la totalidad de los elementos que caracterizan al edificio que hoy conocemos sobre el Mauror. Concretamente, el tramo de investigación desarrollado hasta el momento, demuestra la participación directa del arquitecto José Felipe Giménez Lacal, entre otras, en las importantes operaciones de: cierre del patio con la disposición de la linterna (Fig 5), concentración de las comunicaciones verticales en la torre suroeste (Fig 6), y proyectación del vestíbulo de acceso al jardín (Fig 7).



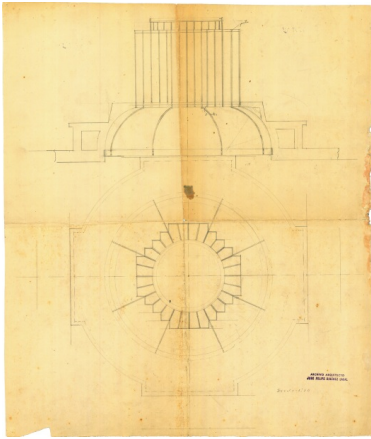


Fig 5. Giménez Lacal, J F, *Casa-estudio para D. José María Rodríguez-Acosta: «Linterna»*, ca 1927, AMG Y.

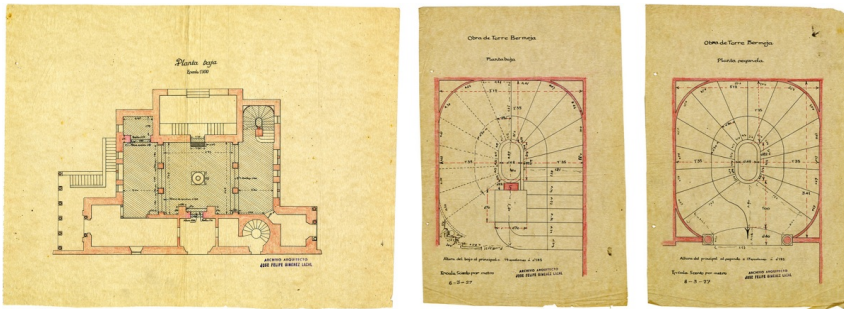


Fig 6. Giménez Lacal, J F, *Casa-estudio para D. José María Rodríguez-Acosta: «Planta baja», «Detalle de escalera. Planta baja», «Detalle de escalera. Planta segunda»*, 1927, AMG Y.

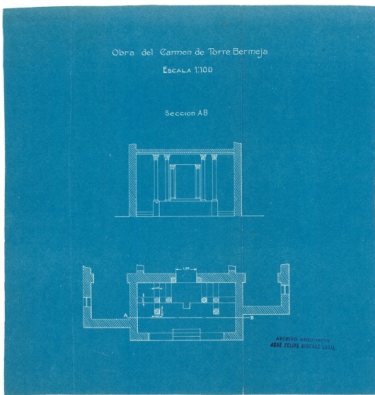


Fig 7. Giménez Lacal, J F, *Casa-estudio para D. José María Rodríguez-Acosta: «Detalle del vestíbulo de acceso desde la terraza sun»*, ca 1927, AMG Y.

El examen de los dibujos que se adjuntan, pone de manifiesto que el edificio que hoy se erige sobre el Mauror, lo hace, en gran medida, de manos del arquitecto Giménez Lacal. Se rompe así la inconsistente teoría que hasta ahora habían venido sosteniendo diversos autores estudiosos de la materia, por la que injustamente se desacreditaba al arquitecto José Felipe Giménez Lacal, al hacérselo ver como el arquitecto menos influyente en el nacimiento del edificio, de todos los que intervinieran. Concretamente, en el año 1980, el catedrático de Historia de la Arquitectura y Urbanismo Fernando Chueca, se refería al arquitecto granadino con las siguientes palabras: «A Jiménez Lacal lo desconozco y no intervendría -nos figuramos- más que como un auxiliar técnico;

(...) En cambio, Teodoro de Anasagasti ya es otra cosa y bien distinta. (...) la intervención de Teodoro Anasagasti no se redujo a una asistencia técnica, sino a una colaboración más estrecha con el artista propietario» (1980, p. 63). Años más tarde, sería Rafael Moneo quien refiriéndose al arquitecto Giménez Lacal, añadiría: «Cabe suponer que Rodríguez-Acosta se acercó a él confiando en que su amistad le permitiría utilizar sus servicios profesionales sin que se sintiese ofendido cuando él tomase la iniciativa en la definición de las directrices arquitectónicas a seguir en la construcción del Carmen» (2001, p. 44). A la vista de la investigación efectuada, ahora resulta manifiesto como estas afirmaciones, han resultado ser en buena medida desacertadas, pues una visión general sobre el proceso de proyectación de la casa-estudio, representado por los dibujos de los diferentes arquitectos que intervinieron en su génesis, determina con claridad que no sería otro sino José Felipe Giménez Lacal, el arquitecto que acabaría formalizando prácticamente la totalidad del edificio que ha llegado hasta nuestros días.

Por otro lado, en referencia a los trabajos de construcción de la casa-estudio, destacar que sería también Giménez Lacal quien, según lo proyectado por él mismo, retomaría las obras del edificio en el punto donde se entiende que las dejara Modesto Cendoya -a cota de planta baja-, aproximadamente a principios del año 1925. Los resultados que la investigación ha ofrecido por el momento, indican que el arquitecto granadino no abandonararía las labores de edificación hasta dar fin a los trabajos, en torno a los primeros meses del año 1928 (Fig 8).



Fig 8. Granada. Museo Rodríguez-Acosta desde el Realejo [detalle de la obra del Carmen], ca 1928, AHMG.

Finalmente, una vez desarrollada toda la exposición anterior, hay que destacar la importancia que en la génesis del Carmen Blanco tuvo también la figura de José María Rodríguez-Acosta, hombre de cultura, dilettante, de una elevada posición económico-social, sin el que previa financiación, no habría sido posible la realidad de esta obra sin límite de presupuesto. Sin embargo, a la vista de la documentación y las discusiones que con este trabajo se acompañan, se hace necesario marcar una distinción con objeto de que no sigan confundiéndose los méritos atribuibles a Rodríguez-Acosta como cliente, con los inherentes a los diferentes arquitectos que, en cualquier grado, intervinieron en la génesis del conjunto arquitectónico. Me refiero al equívoco que diversos autores han venido suscitando a lo largo del siglo XX en cuanto a la adjudicación de la autoría del Carmen. Sin ir demasiado lejos, en el año 1977, el prestigioso historiador Emilio García Gómez se refería al artista Rodríguez-Acosta y a la construcción del Carmen con las siguientes palabras: «Un buen día decidió construirse lentamente, él, sin arquitecto, un estudio-taller» (1994, p. 330). Más tarde vendrían otros autores en la misma línea, como Fernando Chueca -cuyo discurso he tratado previamente-, y por último, el arquitecto Rafael Moneo, quien añadiría a modo de conclusión, que es a José María Rodríguez-Acosta a quien debemos de considerar como «arquitecto del Carmen» (2001, p. 51).

Los resultados que la investigación ha revelado, ponen de manifiesto que proclamar a Rodríguez-Acosta como arquitecto del Carmen, es un error tan garrafal como equivocarse al *desear* con el *idear*. *Desear* significa «aspirar con vehemencia a la posesión o disfrute de algo» (RAE 2001, p. 776), mientras que el concepto de *idear* es algo totalmente distinto, pues implica «manifestar una idea y plantearla en un proceso que nos permita construirla, en definitiva, hacerla forma» (Casado de Amezúa 2008, p. 14). Los deseos son equivalentes a sueños o anhelos, y las ideas, a aquello que inventamos y construimos para que cumpla una función real. En este sentido, como mencionaba al inicio del texto, el pintor granadino, por encima de todo, *deseaba* ser poseedor de una singular construcción que significara un hito arquitectónico para la ciudad de Granada, anhelaba la llegada del momento en el que ese acontecimiento ocurriera. En esencia, la aportación del artista se limitaría a *desear* ver construida aquella edificación a su gusto, para lo que no dudaría en disponer plenamente de su capital, y en hacer saber a los técnicos

sobre



los deseos y aspiraciones que él, como cliente, guardaba para la que iba a ser su anhelada casa-estudio. Cosa bien distinta es la labor de *idear* desarrollada por los arquitectos que proyectaron el espacio y forma de la casa-estudio y sus jardines, quienes en un proceso integrador de los múltiples condicionantes de aquel proyecto -entre los que se encontraban los propios deseos del pintor-, supieron hacer posible en cada dibujo y cada decisión sobre el tablero, la realidad arquitectónica del Carmen que hoy conocemos.

En conclusión, la investigación aquí expuesta deja patente que el conocido como Carmen Blanco, compuesto por los jardines y el edificio de la casa-estudio que sobre ellos se asienta, es en definitiva, una obra nacida principalmente de las manos de dos arquitectos: Modesto Cendoya Busquet y José Felipe Giménez Lacal.

Referencias bibliográficas

Ayuntamiento de Granada (comp.), 1915-1918, *Rasante de la calle Niño del Rollo y callejón del Rey Chico*, expediente inédito, AHMG.

Ayuntamiento de Granada (comp.), 1917, *Miguel Rodríguez-Acosta González de la Cámara, en representación de su hermano José, solicita licencia para edificar en unos terrenos situados entre el callejón de Torres Bermejas (hoy de la Sierra), Callejón del Niño del Rollo o Rey Chico y calle del Aire Alta de la parroquia de San Cecilio. Arquitecto Modesto Cendoya*, expediente inédito, AHMG.

Ayuntamiento de Granada (comp.), 1918, *José María Rodríguez-Acosta González de la Cámara solicita licencia para realizar la modificación de rasante en Niño del Rollo*, expediente inédito, AHMG.

Byrne, A & Stapley, M, 1924, *Spanish gardens and patios*, J.B. Lippincott Company, Philadelphia.

Capitel, A, Frenchilla, J & Ruiz, G (coords.), 1983, «Carmen de la Fundación Rodríguez-Acosta (1916-1923)», *Arquitectura*, no. 240, pp.19-30.

Casado de Amezúa, J, 2006, *La unidad temática. Aproximación a un modelo de intervención en la ciudad construida*, Universidad de Granada, Granada.

Casado de Amezúa, J, 2008, «De los principios disciplinares de la arquitectura» [reseña del libro *Dibujando la Alhambra*], *Revista EGA*, no. 13, pp. 13-14.

Casado de Amezúa, J, 2009, «Arquitectura, plenun ars ubi materia vincitur sua» [reseña del libro *El Concepto de Espacio en la arquitectura palatina andalusí*], *Revista EGA*, no. 14, pp. 6-7.

Chueca, F, 1980, «El Carmen del pintor Rodríguez-Acosta en Granada», *Ianus*, no. 0, pp. 59-78.

García Gómez, E, 1994, «Un apéndice mogol a la Alhambra», en Revilla, M Á (comp.), *José María Rodríguez-Acosta 1878-1941*, pp. 329-331, Turner Libros S.A., Madrid.

Moneo, R, 2001, *El Carmen Rodríguez-Acosta*, Fundación Rodríguez-Acosta, Granada.

Pérez de Ayala, R, 1994, «Temas de Granada: José Rodríguez-Acosta», en Revilla, M Á (comp.), *José María Rodríguez-Acosta 1878-1941*, pp. 319-320, Turner Libros S.A., Madrid.

RAE, 2001, *Diccionario de la lengua española* (22ª ed.), Espasa-Calpe, Madrid.

Revilla, M Á, 1994, *José María Rodríguez-Acosta 1878-1941* (2ª ed.), Turner Libros S.A., Madrid.

NUEVAS CARTOGRAFÍAS BASADAS EN LA MULTIESCALARIDAD Y EN LA INCLUSIÓN DE LA VARIABLE TIEMPO

Juan Luis RIVAS NAVARRO

Universidad de Granada
Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio

Resumen

La ciudad y su territorio necesitan dispositivos teóricos y metodológicos para el reconocimiento de formas y funciones, lo que supone indagar sus diferentes escalas y tiempos y así comprender no sólo el lugar sino su imaginario. Necesitamos generar cartografías interesantes que subrayen la fuerza reveladora y liberadora de la propuesta gráfica sobre el plano y brinden imágenes necesarias para investigar a partir de ellas.

Se propone mostrar la validez del dibujo multiescalar y, por extensión de esta metodología, multitemporal. El objetivo sería ensanchar el campo de la expresión cartográfica, explorando sus posibilidades proyectuales al incorporar estas herramientas para el descubrimiento y la valoración de alternativas.

A través de distintos ejemplos de cartografías singulares, provenientes de proyectos propios de investigación en arquitectura y urbanismo de los últimos años, se persigue la comprensión del dibujo como un acto creativo y crítico, como un instrumento operativo para la construcción de escenarios deseables.

NEW CARTOGRAPHIES: REPRESENTATION OF SPACE TEMPORARY PROCESS

Juan Luis RIVAS NAVARRO

University of Granada
Department of Urbanism and Regional Planning

The city and its territory require theoretical and methodological devices for the recognition of its forms and functions. Inquiring on place means to know its own scales and times to consider not so much "the place" but "its imaginary". We need to generate "interesting maps" that highlight the revealing and liberating force of graphic proposed on the plane and give us necessary images to continue with our research.

We propose showing the value of a multi-scalar drawing and multitemporal. The aim would be to widen the field of cartographic expression, exploring projective possibilities to incorporate these tools for discovery and evaluation of alternatives.

This is carried out through the explanation of different cartographies from own research projects in architecture and urban planning produced in recent years. These "new cartographies" pursue an understanding of drawing as a creative and critical act, as an operational tool for the construction of desirable scenarios.



01 INTRODUCCIÓN: La representación de la arquitectura urbana

El "territorio urbano", aquél en el que se desarrollan las funciones urbanas, se ha extendido en las últimas décadas hasta prácticamente coincidir con el conjunto integral del territorio. En él podemos encontrar ciudades con todos sus rangos y tamaños posibles, y también territorios no urbanos dominados por paisajes naturales o agrarios. Sin embargo el territorio se compone también por todos aquellos espacios intermedios o de la relación entre sus partes: carreteras, áreas de servicio, crecimientos ex-urbanos, áreas residenciales asociadas a parques naturales, polígonos industriales, tecnológicos, parques temáticos, una amplia gama en crecimiento de posibles usos que inundan los entornos de los canales de comunicación interurbanos.

El territorio es una red espacial que necesita ser desenlazada y semánticamente desentrañada

La arquitectura debe reflexionar acerca de su propia capacidad para representar estas territorialidades (Dematteis 2004), sus identidades interiores, sus lugares de articulación entre momentos o tiempos distintos, sus ciudades grandes y el conjunto de sus pueblos, etc. Un representación que nos permita acercarnos al territorio para detectar aquellas características que conforman sus distintos paisajes, al margen de posiciones historicistas o conservacionistas, tampoco funcionalistas, adoptando más bien una postura crítica sobre el presente, que mira la realidad territorial tal y como es. Es un proceso de búsqueda de las lógicas sociales y económicas que se esconden detrás de aquello que percibimos, desveladas a través de formas y construcciones identificables.

Pero...¿qué sistemas se revelan a través de esta arquitectura? ¿qué redes son por esta arquitectura representadas?

Tal y como hemos definido el territorio, como una sumatoria de identidades, trabajar con él significa reformular el sentido de lo existente, renegociar su significado para poder cuestionar sus fronteras sin destruir su esencia. Para poder trabajar de esta forma se necesita de una mirada nueva, un enfoque distinto del tradicionalmente sectorizado y herencia de las autonomías disciplinares que se construye sobre la ambivalencia entre la simplicidad y la complejidad, entre la composición y la descomposición, una mirada definitivamente tan unívoca como múltiple.

¿Qué significa desenlazar lo urbano?

Desenlazar o desentramar el espacio urbano y territorial en que nos desarrollamos y desenvolvemos diariamente supone, por un lado, detectar lo fundamental de entre lo general, la forma sustentante de la forma urbana. Supone también, descubrir la diferencia de entre lo semejante y encontrar asociaciones de elementos separados entre sí, así como separaciones entre los elementos contiguos. Por último, deconstruir la realidad frente a nosotros para su comprensión significa localizar niveles distintos de mezcla o multiplicidad, medir la heterogeneidad y espacializar esta mezcla, evaluando su posición, su crecimiento, su relación con otros hechos urbanos relevantes, etc.

El territorio es un proceso en el tiempo y precisa de una representación dinámica

El territorio es una sumatoria de definiciones que provienen de distintas disciplinas. Es una visión arqueológica de un campo conceptual que se forma a través de la superposición de estratos distintos, como hace la historia.

Es muy interesante como es posible eliminar el problema disciplinar afirmando que el territorio que conocemos como urbano es aquél en el que sus habitantes adquieren mentalidad urbana. A partir de aquí, André Corboz (1983) incorpora a su definición tres conceptos superpuestos: el territorio es un proceso en la medida en que está vivo y supone la formulación de unas soluciones posibles antes unos problemas concretos, a través de unos mecanismos, en este sentido el territorio es un sistema en funcionamiento; el territorio es un producto necesitamos que sea concebido como un objeto o generarle una imagen, es entonces un producto resultado de los procesos en cada instante; y, por último, el territorio es un proyecto constante: es lo que va a ser muchas veces más de lo que es en este preciso momento.

En este sentido, si observamos las composiciones gráficas y plásticas del arquitecto Daniel Libeskind, se percibe un patrón complejo de fuerzas, expresadas a través de signos, que es leído gracias a un equilibrio óptico alquímico entre dimensiones, distancias y direcciones.

Cada elemento de la representación posee una forma apropiada en relación a los demás, y se establece un estado de orden en el que los componentes se controlan unos a otros para que ninguno tome ventaja sobre los demás. Libeskind subordina la lectura de sus propios diagramas a la decodificación de un complejo conjunto de signos o señales que él llama "trazas". Sus explosiones diagramáticas pueden ser vistas como trabajos no-arquitectónicos, como entidades de notación, en los cuales lo que es representado no es el objeto, su masa o su volumen, sino la acción de composición que le corresponde.

Esta lucha gráfica que Libeskind establece, nos indica una búsqueda de un origen de la cuestión más estable en el que determinados elementos del plano o del territorio se constituyen como "trazas" (elementos cercanos al origen o raíz del proyecto, en un sentido fundacional)

Es muy interesante como Libeskind abre con su trabajo la opción de representar situaciones o procesos más que objetos fijos. Es una representación que se aleja de la directa exposición de lo percibido y se acerca a

posiciones mucho más fotográficas o cinematográficas en las que, además de la presencia importante del observador detrás de la cámara, existe la captación de un momento y de su dinámica.

El territorio es multifuncional, es una alfombra de elementos operativos, y precisa una lectura basada en el conflicto de las interpretaciones para generar estados intermedios de las interacciones.

Una última referencia para completar la visión del territorio contemporáneo es la del arquitecto Neutelings (1994) al definir "The Patchwork Metropolis" (la ciudad de los retales), abundando en su condición fragmentaria pero integrando estos fragmentos en un conjunto coherente y esperanzador. Sus "retales" trabajan en grupo para constituir una "alfombra" territorial, resultado del reciclaje de todos los trozos de tela urbanos, con un sentido de contemporaneidad que ofrece un fantástico campo de posibilidades.

Así visto, el territorio de la arquitectura y del urbanismo es una suma de continuidades o narraciones más o menos completas, con vestíbulos, umbrales entre lo urbano que son espacios urbanos en sí mismos, espacios estanciales, espacios de paso, un territorio-hogar de pasillos, salones, cocinas, terrazas, dormitorios, rincones y espacios de conversación y cruce.

02 OBJETIVOS

Para operar sobre este nuevo territorio debemos reformular el significado de la cartografía, encontrar las habilidades para mezclar los instrumentos de que disponemos. Encontrar las pautas y criterios para formular estas nuevas cartografías sería el objetivo principal de esta comunicación. Por un lado, a través de la explicación de ciertas bases conceptuales consideradas fundamentales para su definición: su carácter post-diagramático y su ciclo intuición-información, su cualidad deconstructiva de la realidad, su necesaria multiplicidad de atenciones, etc. Por otro lado, la comunicación concluye con la exposición de varios ejemplos cartográficos que trabajan las incorporaciones de las variables multiescalar y multitemporal.

Bases para una cartografía "post-diagramática"

Podemos identificar a los dibujos o cartografías como diagramas en la medida en que reconocemos que su construcción puede llevarse a cabo con signos en lugar de con figuras. En el camino invertido entre figuración y abstracción, el dibujo puede ser diagramático en el intermedio entre representar lo real a través de su percepción o apoyándose mucho más en su significado. Así, los diagramas mantienen, en opinión de la arquitecta Ricciuti (2006) una relación tautológica con el diseño o la proyección arquitectónica y urbana.

Es posible distinguir en el proceso de representación diagramática tres fases muy diferenciadas:

- Fase pre-diagramática: en la que se produce el lanzamiento primero del proyecto o solución a un determinado "problema" planteado.
- Fase cibernética de racionalización: se produce la comprensión de la información, la organización del material, la elección de los códigos de expresión. Es la mediación entre pensamiento y proyecto, la adopción de técnicas mnemotécnicas que asocian una imagen con cada línea del texto.
- Fase post-diagramática: verificación del proceso, para el ejercicio de un actor correspondería como la actividad de volver a mirar una serie de figuras situadas en la memoria a través de las cuáles asociar palabras o secuencias de su intervención.

Resulta muy interesante comprender como es el criterio arquitectónico el que entra, sobretudo, en juego en esta última fase, a través de su capacidad para discernir una multiplicidad de posibles figuraciones y realidades espaciales detrás de la apariencia de las cosas. Como consecuencia de esto, la codificación o decodificación de un diagrama es siempre el resultado de una intención prevista de antemano, y es además una función compleja de la subjetividad del proyectista.

La diferenciación entre perspectiva axonométrica y cónica puede ayudarnos a diferenciar representaciones con muy diferente carga autográfica. La primera de ellas es de tipo analítico, con un bajo nivel de especificaciones propias, a través de la segunda, el proyectista hace más claras las intenciones al propio autor y a los espectadores. La perspectiva es usada para encontrar un marco espacial de referencia. Adquieren aquí gran importancia la información que transmiten decisiones del autor acerca de criterios de la representación como el encuadre, el punto de vista, la escala, el tamaño, etc. Esto es adecuado tanto para las operaciones pre-diagramáticas e instrumentales como para la verificación de la fase post-diagramática.

Los resultados de la autoría no pueden ser considerados como postulados o leyes de comportamiento del territorio, siempre fueron sólo una, cuanto más valiosa mejor, aportación más al conjunto de definiciones que sobre él se hacen. Si esta imagen que el autor construye de lo urbano es importante, permanecerá en el tiempo y será influyente; aquellas otras aportaciones menores se olvidarán habiendo dejado el rastro justo de su paso por el imaginario territorial.



Bases para una cartografía "deconstructiva": el viaje entre la paranoia y la crítica, el viaje entre la intuición y la información.

El aprendizaje que del lenguaje arquitectónico y sus posibilidades extensas puede hacerse para leer el territorio urbano es muy importante. Su capacidad para leer y escribir el lugar, para identificar la imagen obtenida con el proyecto, sus acciones con los objetos implicados, sus usos potenciales con los espacios, etc. Es válido también para generar cartografías, su característico movimiento dentro de esferas de subjetividad complejas que filtren, seleccionen y direccionen la información territorial y construyan diagramas propositivos. Al mismo tiempo son útiles para explicar las relaciones entre las partes del espacio urbano.

La representación de la ciudad y de su territorio urbano podría moverse mucho más en el campo de los procesos que el campo de los productos, utilizando la triple concepción de A. Corboz expuesta en la introducción, tanto en la fase de producción de significado y comprensión de los fenómenos urbanos (detección de sus características espaciales, sus oportunidades de transformación, sus conflictos, etc.), como en la fase de formulación de ideas o proyectos. En esta última evitar la producción de imágenes-objetos, productos cerrados, contribuye a enriquecer los juicios o criterios de posibles intervenciones, aumentando la sensibilidad del proyecto hacia la atención a distintas escalas y contextos.

Para una cartografía "deconstructiva", dos serían las metodologías que lideran los movimientos de creación de la observación arquitectónica del territorio:

- La comparación temporal: la observación de los retratos del espacio observado.
- La descomposición de los elementos del plano según sus conexiones sincrónicas.
- La yuxtaposición direccionada de lo diferente: la mezcla e interacción de componentes.

Estos métodos podrían ser también considerados pasos necesarios o imbricados para la producción de un conjunto básico de cartografías, que aspiran a conocer los elementos componentes y la estructura soporte, así como sus relaciones espaciales y temporales profundas.

03 LA VARIABLE MULTIESCALAR

Es un problema generalizado de nuestros territorios que una buena parte de los fracasos prácticos de las localizaciones urbanas de todo tipo: ciudades, aglomeraciones, proyectos intermedios, urbanos de pleno derecho o dirigidos desde determinado sector (agua, carreteras, medioambiente, puertos, ferrocarriles, patrimonio), han tenido su base en la falta de una mirada multiescalar más interiorizada. Porque el hecho de que en cualquier punto del territorio actúen, a la vez o intermitentemente, con idéntico o diferenciado peso, muchas escalas de la realidad, no convierte directamente en multiescalares las intervenciones en ellos (Rivas, 2006).

Así, inundan el panorama práctico proyectos que han atendido desmesuradamente a las políticas económicas de nivel regional o nacional, y han desatendido las relaciones locales de encuentro y continuidad con la ciudad que los alberga; planes ensimismados con las preocupaciones de la sociedad promotora, la sociedad local y contemporánea exclusivamente, sin aprovechar las lógicas proporcionadas por los elementos de mayor escala como las infraestructuras o los corredores fluviales.

La representatividad igualitaria de las diferentes escalas es tan desproporcionada como la presencia absoluta en el proyecto de tan sólo una de ellas. Esta suposición nos invalida además para el descubrimiento de la escala de trabajo clave (que no la única), aquella que aglutina o centra las demás escalas, aquella que lleva hacia delante la responsabilidad de reforzar los hechos, las relaciones, los espacios y las edificaciones que le son propios.

La condición multiescalar de los hechos urbanos se manifiesta en todos los lugares, pero también todos los "objetos" urbanos poseen esta capacidad de relación con la corta, la media y la gran distancia. Existen, no obstante, desde la arquitectura, elementos que intervienen en el cotidiano urbano, más internos tradicionalmente al trabajo del arquitecto, más disciplinares.

Fueron los arquitectos americanos Venturi y Scott Brown, los que abrieron una observación enfocada sobre los elementos mutables más que los estables, en su caso de la incipiente ciudad suburbana, uniendo lo que ellos llaman los ejes diacrónicos y sincrónicos. Su cotidiano urbano enfrentaba a la arquitectura al desorden formal de la ciudad como "alto arte" y el "bajo arte" de las construcciones urbanas, las iniciativas particulares de promotores y la cultura de masas.

Esta actitud de la arquitectura, inaugurada por miradas como la de los citados arquitectos, y actualmente difundida por muchos otros contemporáneos (Ito, Holl, Libeskind, Himmelblau, Koolhaas, MVRDV, Sejima, Laccaton y Vassal, etc), fija la atención sobre el conjunto de posibles interacciones o relaciones entre objetos, los procesos y las acciones multiescalares, más que en los objetos mismos.



Fig 1. Hennepin Avenue entertainment Centrum, By night. 1990. Denise Scott Brown.

Sobre estos supuestos trabajó en los 60 y 70, entre otros, la arquitecta norteamericana de origen sudafricano Denise Scott Brown (1990), en sus trabajos de reconsideración de ciertas avenidas en Philadelphia, Minneapolis, Austin, Washington, etc., en donde la preocupación por todo aquellos que rodea a la calle atraviesa todo el proceso de proyecto, incluida la toma de posición sobre la ciudad y el entorno de las calles. Sus imágenes finales, en uno de sus más expresivos trabajos, el de la Hennepin Avenue en Minneapolis (1981), muestran una calle resultado del entendimiento entre la edificación y la urbanización, como un todo, en el que las luces de las oficinas y los restaurantes son intencionadamente situadas en el mismo plano visual que las luminarias de la vía en un juego, que implica tanto a lo construido como a lo que permanece como espacio libre, creador de una única atmósfera propia de la avenida.

04 LA VARIABLE MULTITEMPORAL

'El territorio como sistema intensamente interrelacionado permanece como un objetivo que demanda con fuerza el plan de las redes (Pavia, 1997)'

En el espacio urbano ya no existen lugares demasiado distintos. Todos los lugares, incluso todos los lugares no urbanos, pueden entenderse en la medida que forman parte o no de la red urbana, aquella que representa la especialidad actual del habitante urbano. El trabajo relacional, por tanto, el único trabajo posible, viene definido por su apuesta jerarquizada por unos sistemas de relaciones o por otros, por unas redes determinadas o por otras.

La ciudad identificada con el territorio es el espacio de convivencia de las redes. El tiempo es una variable que multiplica la realidad urbana por siglos, décadas, años, meses, etc.; o bien la cualifica en relación a fenómenos temporales concretos que marcan una determinada época (el territorio preurbano, urbano o posturbano, (Soja, 1999). El tiempo también polariza elementos y figuras de plano, formas del territorio según tipos de cultura o tipos de movilidad asociadas a una época: la ciudad de los caminos, la ciudad de las carreteras, la ciudad de las autopistas, etc.

En la red temporal, los nodos se transforman en intercambiadores temporales, son los espacios fusión de diferentes redes temporales superpuestas. En ella, la arquitectura continúa protagonizando las formas de integración entre soporte y antropización (Sabaté, 2000), continúa proyectando lugares como construcción que liga preexistencias y lógicas de funcionamiento, lógicas de asentamiento heredadas; necesidades contemporáneas y futuras, renovaciones de los lugares sin que dejen de ser los mismos, sin que se borren sus comportamientos "naturales".

Así visto el territorio, cada lugar es la puerta a uno o más tiempos diferentes, lo que supone ya la existencia (o la resistencia) de ese tiempo en el espacio: relaciones de distancia, apeaderos cuya disposición y forma, cuyo uso, sin dejar de ser contemporáneos, no renuncian tampoco a continuar siendo participe de un ritmo y unas cualidades ambientales continuas en el tiempo, propias de ese sitio.

Las cartografías en la red temporal son complejas y suponen atender de manera diferenciada a elementos parecidos, situados, prácticamente en el mismo sitio. Supone establecer filtros temporales que aseguren los ambientes propios de los tiempos, y supone incentivar la convivencia espacial de tiempos distintos.





Fig 2. Sin título. 1999. Harry Callahan.

El fotógrafo americano Harry Callahan (2000) reproduce en sus fotografías de las calles de Nueva York o Chicago, los valores y los hábitos de una época, a través de imágenes que, por un lado, congelan movimientos y los elevan a la categoría de esculturas sobre el escenario de la calle, y por otro, se difuminan mediante transparencias y contrastes, para expresar de una manera superpuesta espacio urbano y actividad.

La calle es vista por él como un lugar desde el que mirar a los interiores de la arquitectura, en un movimiento bidireccional, devolviendo la mirada hacia la sociedad a través de los escaparates, las pantallas y las tiendas. La arquitectura de la calle toma protagonismo, es mostrada como materialización de los mecanismos sociales que movilizan o des-localizan a la gente, creando también sus marginalidades. Los paisajes y los retratos de Callahan, las composiciones abstractas, resultado de múltiples exposiciones y movimientos de la cámara, exploran la realidad en busca de sensaciones que escapan al lenguaje y a la razón.

'La idea del cambio me fascinaba totalmente: mantener la cámara en el mismo punto y simplemente cambiar la película para mostrar los cambios, Callahan, 1999'

05 CARTOGRAFÍAS

I Cartografía superposición de estratos geográficos e infraestructurales. Concurso Internacional de Arquitectura 'Flowpolis: la forma del espacio nodal'. 2006.

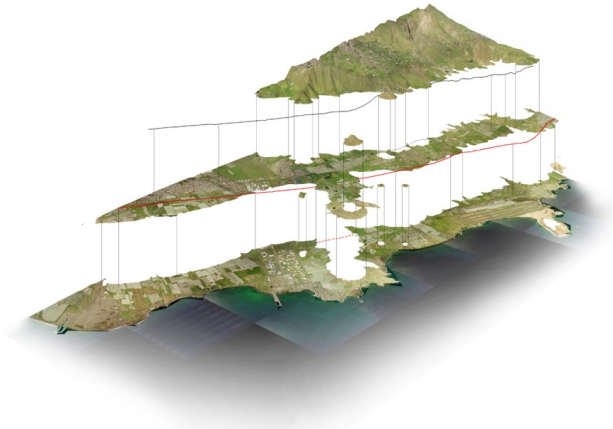


Fig 3. Niveles de la infraestructura. 2006. Juan L. Rivas Navarro y Emilio Molero Melgarejo.

Se implementó la ortofografía sobre el Modelo digital del terreno, generado a través de Arc Gis, y se practicaron dos cortes en función de dos curvas de nivel fundamentales: la primera (+50 m) estaba relacionada con la construcción de la Autovía a finales del siglo XX en ese ámbito de la isla y su posible soterramiento en un tramo central; la segunda (+125 m) tenía que ver con la carretera litoral de los años 60 y con la posible nueva implantación en paralelo del metropolitano.

SLOW08, 1º premio del Concurso Internacional de Arquitectura 'Flowpolis: la forma del espacio nodal'. Gran Canaria. 2006. Arquitecto director: Juan Luis Rivas Navarro. Laboratorio de Urbanismo y Ordenación del Territorio. UGR.

II Cartografías temporales en Granada. La primera periferia. Tesis Doctoral Juan L. Rivas. 2009.

Con el objetivo de profundizar en las relaciones urbanas del objeto de estudio – en este caso la travesía o calle ciudad de Granada, identificada como un sistema nucleado en torno a la calle Camino de Ronda-, se produce una serie de cartografías en las cuales se superponen tres tiempos urbanos fundamentales pero muy diferentes con esta forma central de la travesía. Es este un ejercicio de imaginación que provoca el choque de sus razones de ser, como si hubieran podido ser coetáneas. Así obtenemos las imágenes de las posibles relaciones directas entre tiempos fundamentales y la calle ciudad: el territorio de origen, la "ciudad histórica" y la periferia primera.

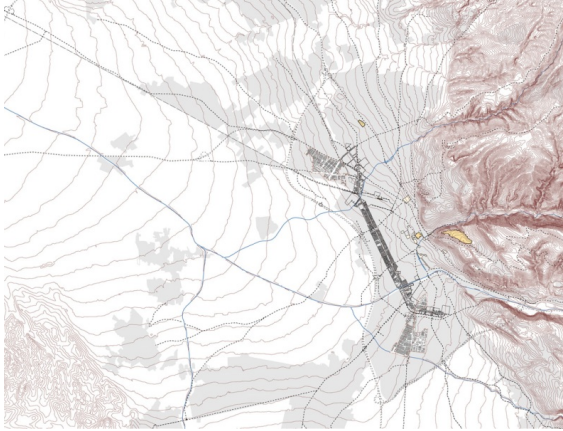


Fig 4. Cartografía temporal de la travesía de Granada y la primera periferia. 2009. Juan L. Rivas.

La periferia primera. Se repite el dibujo aislado de la travesía del Camino de Ronda, pero contrapuesta al surgimiento de la Granada periférica, aquella que consolidó barrios para las clases trabajadoras de la ciudad en los años 50: "El Zaidín" al sur, en alienación con la carretera de Motril, y "La Chana" al norte, en la antigua carretera de Málaga-Sevilla. Su posición alejada del centro, inaugura una tensión típica de crecimiento a saltos que revalorizaba el suelo intermedio, y sobre todo justificaba la "urbanización" de la carretera de Ronda. La elección de los ámbitos considerados x-centrales (Gandelonas, 1999) revela dos tiempos ambos desligados de la continuidad histórica pero profundamente relacionados entre sí.

Capítulo monográfico de Granada de la Tesis doctoral "La travesía más transparente. La visión de Córdoba, Málaga y Granada desde su calle ciudad". Juan L. Rivas Navarro. Tutor: José L. Gómez Ordóñez. UGR. Granada, 2009.

III Estratos históricos urbanos en la ciudad de Jaén. Concurso de Ideas para el Centro Histórico de Jaén. Juan L. Rivas y Belén Bravo. 2012.



Fig 5. Esquema territorial y vista frontal. 2012. Equipo redactor de la propuesta.

El espacio objeto de la propuesta se posiciona a los pies de un monumento de rango BIC, en una posición dominante de la geografía de la ciudad y su territorio que, sin embargo, mantiene una cercanía con la ciudad histórica inusual, tanto en términos de distancia como en cuanto a su accesibilidad rodada y peatonal. Por último, su cohesión, su tamaño y su bajo grado de transformación lo capacitan para ser espacio público natural incuestionablemente.

Su reivindicación por tanto como un espacio de importancia territorial, tanto funcional como paisajísticamente, debería suponer el principal objetivo de una intervención sobre él. Se reflejan en estos esquemas, en contraste con una propuesta detallada y sensible con las condiciones topográficas y ambientales de la ladera bajo el monumento,



preocupación de escala territorial y una voluntad de posicionar temporalmente la propuesta como un nuevo hito en la construcción y desarrollo de la ciudad.

PARKWAY, 1º premio del Concurso de Ideas para la estrategia de Dinamización y Recuperación del Conjunto Histórico de la ciudad de Jaén. Colegio Oficial de Arquitectos de Jaén. Arquitectos directores Juan L. Rivas y Belén Bravo. 2012.

IV Secuencias de fotointerpretación en Córdoba en torno al Paseo de la Victoria. Tesis Doctoral Juan L. Rivas. 2009.

En esta ocasión las imágenes son resultado mismo del trabajo y también campo de maniobras para lecturas de la ciudad que el observador puede hacer, extrayendo sus propias conclusiones de una mirada detenida y pausada sobre ellas, al superponer en la retina las diferentes "edades" de las tres ciudades.

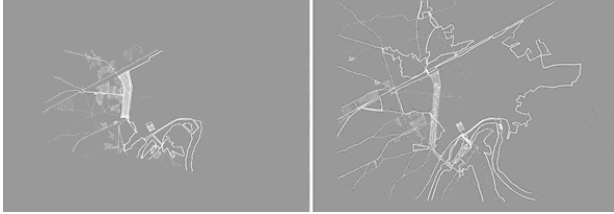


Fig 6. Innovaciones de la Córdoba observada desde el Paseo de la Victoria (su calle-ciudad) 1936 y 1956. 2009. Juan L. Rivas.

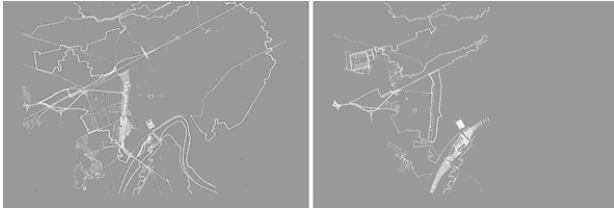


Fig 7. Innovaciones de la Córdoba observada desde el Paseo de la Victoria (su calle-ciudad) 1977a y 1977b. 2009. Juan L. Rivas.

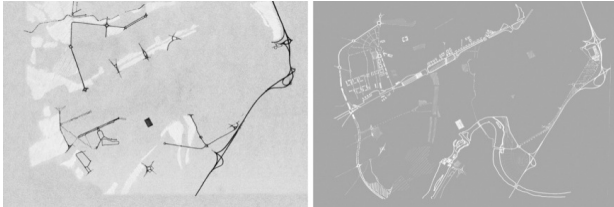


Fig 8. Innovaciones de la Córdoba observada desde el Paseo de la Victoria (su calle-ciudad) 1998 y 2007. 2009. Juan L. Rivas.

Así estas imágenes maquetadas en la misma posición del documento, con el mismo encuadre y la misma escala, pretenden sustituir el trabajo que el propio autor ha realizado durante estos años de desarrollo de la investigación, diluyendo unas edades en otras, mezclando las imágenes y convirtiendo en transparentes a unas sobre otras mediante diversos programas informáticos. El ordenador permite crear estados intermedios de superposición o cambios de opacidad en las imágenes superpuestas. Por ejemplo es posible obtener una imagen que tenga un 70% de la imagen de un lugar en 1977 y sólo un 30% de la imagen de 1956, en este caso y variando los porcentajes avanzaríamos o retrocederíamos en el tiempo de las imágenes por lo que funciona como un mecanismo de disolución de lo que desaparece o surgimiento de los hechos urbanos novedosos, esta técnica y esta labor han alimentado también las reflexiones por escrito que acompañan a las a los siguientes estos encuadres temporales.

¿Cómo se acentúan ciertas formas urbanas? ¿Cómo la ciudad insiste en determinados asuntos? ¿Existen lugares resistentes al paso del tiempo? ¿En qué medida estos lugares se adaptan a las nuevas formas que le acompañan? ¿Es capaz la imagen de transmitir los conflictos que generan usos en la ciudad y en su territorio?

Capítulo monográfico de Córdoba de la Tesis doctoral "La travesía más transparente. La visión de Córdoba, Málaga y Granada desde su calle ciudad". Juan L. Rivas Navarro. Tutor: José L. Gómez Ordóñez. UGR. Granada, 2009.

06 CONCLUSIONES

Subrayamos la fuerza expresiva del dibujo creativo, la fuerza reveladora y liberadora del dibujo propositivo. Las ciudades necesitan imágenes. Lo contemporáneo parece exigir rapidez, y la rapidez, ligereza. Un futuro ligero no es lo mismo que una representación de la realidad vacía de contenido. Cansados de planos sin contrastes, de manchas de colores administrativos, el salto hacia adelante desde el plano base, supone un paso hacia la imaginación como método de profundidad científica. La intuición y la experiencia frente a la intelectualidad. El dibujo crítico es necesariamente un dibujo que arriesga en visiones subjetivas de la realidad, una subjetividad apoyada en la experiencia, en el marco de la investigación, en la visión comparada, en las monografías concretas, el cuidado en el proceso, que no se basa en razones, y suma datos y cantidades en juego posicional que pretende demostrar su capacidad instrumental.

Necesitamos generar "cartografías interesantes" que subrayen la fuerza reveladora y liberadora de la propuesta gráfica sobre el plano y nos brinden imágenes necesarias para investigar a partir de ellas. La multiescalaridad y la multitemporalidad con la que operan construyen una cierta metodología proyectual y de planificación como equilibrio entre conocimiento y acción operativa: la búsqueda del saber y líneas de investigación futuras unida a la creación de proyectos específicos para el "aquí" y el "ahora" en nuestros territorios.

Referencias bibliográficas

- Alexander, C., *A pattern language: towns, buildings, construction*. Ed.: Oxford University Press. New York, 1977.
- Allen, S., *Points + lines*. Editor Princeton Architectural Press. New York, 1999.
- Dematteis, G. 'En la encrucijada de la territorialidad urbana'. Lo Urbano en 20 autores contemporáneos, Ángel Martín Ramos, ed. UPC, ETSAB, Barcelona, 2004.
- Corboz, André "Le territoire comme palimpseste." *Diogène* n° 121 (1983): 14-35.
- Gandelonas, M., *X-urbanism: architecture and american city*, Editor Princeton Architectural Press. New York, 1999.
- Gómez, J.L.; Rivas, J.L.; Cabrera, D.; Reinoso, R.; "Un Curso de urbanismo: 2002-2003 : proyectos urbanos y territoriales : litoral granadino, Sector Sur". Editor Universidad de Granada. Granada, 2006.
- Holl, S; "Entrelazamientos" Ed Gustavo Gili, Barcelona 1996.
- Koolhaas, R., *Small, medium, large, extra-large office for Metropolitan architecture*. Editor Taschen. New York: 1997.
- Lynch, K.; ¿De qué tiempo es este lugar?: para una nueva definición del ambiente". Ed.: Gustavo Gili, Barcelona, 1975.
- Neutelings W.J., *Explorations into Wonderland*, *Architectural Design* n°64, 1994.
- Ricciuti, V., *Scrittura architettoniche*, *Lotus International* n° 127 (2006); Diagrams, Editor Industrie Grafiche Editoriali, Detroit.
- Soja, E. Seis discursos sobre la postmetropolis, *Revista urban* n°2, Madrid, 2002.



LA ACUARELA EN LOS PROCESOS DE IDEACIÓN ARQUITECTÓNICA

Manuel Alejandro RÓDENAS LÓPEZ
Miguel GARCÍA CÓRDOBA
Pedro Miguel JIMÉNEZ VICARIO
María José MUÑOZ MORA

Universidad Politécnica de Cartagena
Departamento de Arquitectura y Tecnología de la Edificación

Abstract

Watercolor technique has always been a faithful allied of the architect's graphic production, basically in these two main phases: as a sketching technique to perceive the environment, and as a rendering technique for representing the finished architecture. In addition, the watercolor also appears in some contemporary authors as one of the initial phases within the process of the project's ideation. Those are the cases of Steven Holl or RCR Arquitectes. The aim of this paper is to analyze the use of the watercolor techniques at the first stages of the project. We'll study, through several particular samples of recent authors, the expressive and descriptive possibilities of watercolor at this first level, the advantages that it offers and the technical features of its performance. Watercolor holds the values of immediacy and spontaneity as defenders of initial idea's adequacy. Besides, its expressive character allows us to walk through ambiguity and suggestion, both basic components of the graphic thinking processes that are involved in the graphic ideation.

Texto comunicación

INTRODUCCIÓN

Son muchas las técnicas utilizadas en la actualidad para la representación y la ideación gráfica en el ámbito de la arquitectura. Para la representación del proyecto, en los últimos años han adquirido un papel preponderante las técnicas infográficas. Este mismo recurso, sin embargo, no ha acabado con los sistemas y técnicas tradicionales de elaboración o construcción de la idea primigenia. Determinadas técnicas como el grafito, la tinta, el lápiz de color o la acuarela se mantienen vigentes, al menos en los primeros estadios de la producción creativa. La inmediatez de la transmisión de la idea al papel sin la intervención de procesos técnicos más o menos complejos que condicionen o desvirtúen la idea inicial es probablemente la causa principal de que estas técnicas sobrevivan a la actualización técnica de la representación gráfica arquitectónica.

En este marco la acuarela sigue siendo el medio elegido por muchos profesionales, tanto para participar en el proceso creativo inicial como para una primera transmisión de la idea creada.

OBJETIVOS

El objetivo de esta comunicación es exponer, a través del análisis de la obra de varios profesionales, las características que dan a la técnica de la acuarela su valor en el proceso de ideación. También queremos explicar como la flexibilidad de esta técnica la adecúa a distintos objetivos. Un último objetivo sería mostrar el valor que adquieren estas realizaciones gráficas en sí mismas, incluso al desproveerlas de la finalidad para la que han sido creadas, al integrar valores singulares que definen, diferencian y caracterizan a sus creadores.

CONTENIDO

Introducción

La acuarela es una técnica tradicional que en el marco de la arquitectura tiene un uso polivalente, asociado al proceso de percepción, al de ideación y creación, y al de representación y transmisión de la idea.

En la primera de las vías la acuarela, como el grafito o la tinta, nos sirve para tomar conciencia de la realidad que nos rodea, diferenciándose de la fotografía en el hecho de que la captación gráfica manual nos permite un análisis, paralelo a la ejecución gráfica, del objeto percibido.

En una segunda vía, la puramente creativa, la acuarela nos sirve como instrumento de generación ideográfica. Se trata de una técnica que por su espontaneidad e inmediatez nos permite transmitir casi en tiempo real al papel el proceso de creación que tiene lugar a nivel mental. De este modo se convierte en un apoyo excepcional al facilitar de modo inestimable los procesos de evaluación, análisis y verificación a los que haremos referencia más adelante.

Por último como herramienta representativa nos permite transmitir la idea elaborada a terceros. A diferencia de otras, el valor sugestivo de esta técnica permite cargar de valores no objetivos la idea básica reforzando aspectos emotivos y personales.

Las características que la hacen apta para estas vías son, en primer lugar, la inmediatez expresiva y la espontaneidad gráfica. Al alejarse de procesos gráficos preparatorios complejos no frena o contamina la transmisión de la idea generada al soporte. Por otra parte, esa espontaneidad no limita los recursos gráficos permitiendo la utilización de una serie de ellos que abarcan un marco expresivo sumamente amplio.

No debemos olvidar tampoco su valor como técnica complementaria del grafito o la tinta, materiales a los que acompaña, complementa y enriquece.

El proceso de Ideación. Marco teórico.

El proceso de Ideación, entendido como la articulación del proceso creativo para la generación de una idea, se organiza a través de varios pasos consecutivos. Existen numerosas investigaciones sobre este tema, que llevan a cabo articulaciones precisas del proceso creativo, desde la de Wallas en 1926 en su libro "El Arte del Pensamiento", pasando por las de Osborn (autor del Brainstorming) en 1953 u otras como las de Young en 1972. Todas, con matices o subetapas se apoyan en la primera de las citadas, recogida en investigaciones posteriores (De la Torre, 1984). Las etapas planteadas por Graham Wallas son las siguientes:

- Percepción. Planteamiento de una necesidad o un problema que necesita una solución.
- Incubación. Parte del proceso que podemos relacionar con la inspiración. Se piensa sobre el problema, sobre el objetivo y se analizan los posibles enfoques o soluciones.
- Iluminación. Sería el momento en el que la idea aparece, aunque sea de forma básica. Algunos denominan a este momento la fase "Eureka".
- Evaluación y verificación. Comprobación de que el resultado obtenido es el más adecuado al problema planteado. Esta última fase nos sumerge en un proceso cíclico de retorno a la idea original, mejora y nueva evaluación, hasta llegar a una depuración de la idea original.

Dentro del apartado que el autor llama iluminación incluimos pues los primeros trazos, la plasmación básica de la idea que en la Evaluación será analizada y reconstruida, pues la propia idea inicial permite la detección de aspectos no contemplados inicialmente. En una última fase se trabaja en la depuración de la idea primigenia así como en la potenciación de determinados aspectos de la misma.

Se trata por tanto de un proceso que, una vez superados los primeros estadios, se retroalimenta en una estructura cíclica de evaluación-revisión-mejora, hasta alcanzar el resultado definitivo.

El croquis con acuarela en los arquitectos. Los casos de Steven Holl y RCR Arquitectes.

Las acuarelas de Steven Holl tienen una doble función. Este arquitecto utiliza esta técnica como medio descriptivo para la representación de proyectos. Incluye en ellas anotaciones y referencias que complementan la información que aporta el dibujo (figura 1).

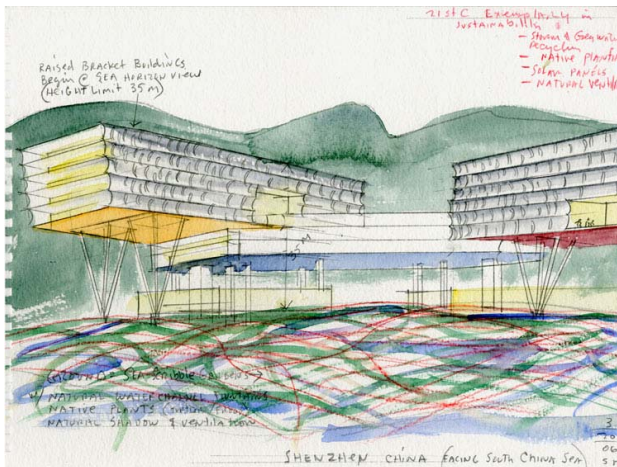


Fig.1 HORIZONTAL SKYSCRAPER - VANKE CENTER

Shenzhen, China, 2006-2009

www.stevenholl.com



Sin embargo, incluso cuando la utiliza para esta función, no deja de incluir los grafismos y recursos técnicos que proporciona la pintura al agua para dar ese toque personal que define cada una de sus propuestas. Podemos observar como en el croquis para la Planar House (figura 2) o la Daeyang Gallery (figura 3), trabaja seco sobre seco para la definición de los planos previamente perfilados con grafito pero también incluye húmedo sobre húmedo para la representación del agua y sus reflejos.

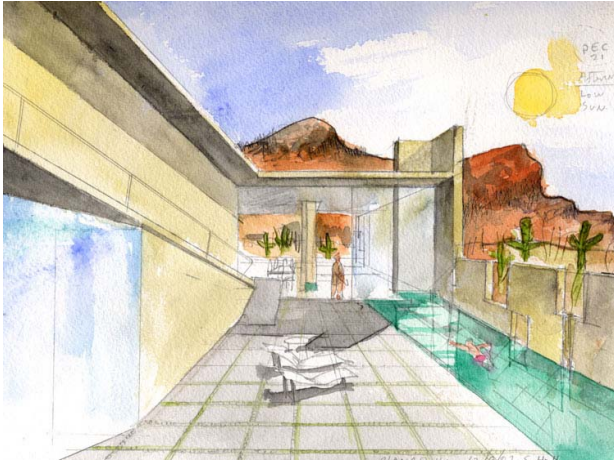


Fig.2 PLANAR HOUSE

AZ, United States, 2002-2005

www.stevenholl.com

422

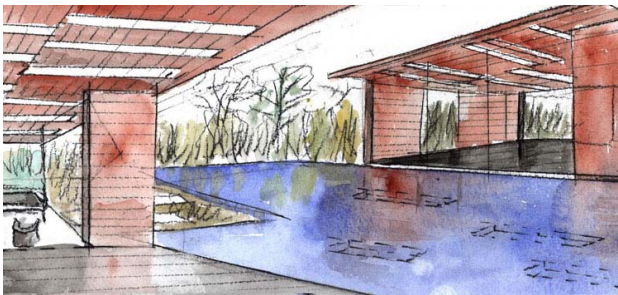


Fig. 3 DAEYANG GALLERY AND HOUSE

Seoul, Korea, 2008-June 2012

www.stevenholl.com

Los cielos los aborda de diversas formas: húmedo sobre húmedo o húmedo sobre seco. Aquellas formas cuya definición formal no es necesaria, como los fondos de montañas, nubes o el sol, no se ajustan a los límites previamente definidos por el dibujo o son resueltos mediante trazos rápidos con técnicas secas, lo que aporta una gracia personal innegable a sus propuestas.

También utiliza este arquitecto la acuarela como medio para dar forma a sus ideas tanto de proyectos definidos como esbozos de propuestas de espacios y formas en los que la luz adquiere un valor preponderante. En estos casos los bocetos se articulan a través de planos mayores, sin detalle, haciendo hincapié en los espacios que generan entre ellos y en los efectos que la luz produce en los mismos. En estos casos el uso del color es más limitado y no suele ir más allá de la diferenciación del elemento principal y el fondo. De este modo se trabaja prácticamente como aguada en la que los efectos luminosos más intensos se consiguen a través de reservas que dejan ver el blanco del papel (figuras 4 y 5).



Fig. 4 2003

www.stevenholl.com



Fig. 5

www.stevenholl.com

En uno y otro tipo de propuestas no deja de incluir en casi ningún caso la figura humana como elemento de referencia para la definición de espacios y formas.

Un caso bien diferente es, por ejemplo, el de RCR Arquitectes, de Girona. Sus croquis realizados con acuarela presentan un cromatismo limitado a dos o tres tonos. Sus bocetos no se ajustan a una forma definida sino que nos hacen intuir la estructura básica de la idea-proyecto (figura 6) o de elementos determinados del mismo que van a tomar una importancia definitoria en el resultado final (figuras 7 y 8).





Fig. 6
BODEGAS BELL-LLOC, PALAMÓS-GIRONA
RCR ARQUITECTES 2009 www.arqa.com



Fig. 7
Restaurant Les Cols o El Proyecto de la Evocación. Olot, Girona.
RCR ARQUITECTES 2009 www.arqa.com



Fig. 8
Restaurant Les Cols o El Proyecto de la Evocación. Olot, Girona.
RCR ARQUITECTES 2009 www.arqa.com

Los croquis de RCR son sumamente sugerentes sin embargo adquieren un valor muy diferente a los de Steven Holl. Frente a estos los arquitectos de Girona realizan una obra gráfica que parece más destinada a la autoconstrucción de la idea que para la transmisión de información a un tercero, pues su obra, sin la imagen del proyecto terminado es difícilmente comprensible.

Técnicamente la carga de pigmento es mucho mayor que en el arquitecto anterior, eliminando casi totalmente los efectos de transparencia y por tanto de luz. No hay tampoco una representación tridimensional del espacio sino que lo que se esboza es la forma plana, plantas, alzados y secciones, y la definición de formas modulares que van a integrar, como elementos de primer orden, el proyecto.

Es precisamente esta función no representativa, sino ideográfica, la que permite y genera la frescura y espontaneidad de estas obras que adquieren así un indudable valor al margen del proyecto al que hacen referencia.

Podemos analizar estos dos autores comparativamente:

Steven Holl realiza sus propuestas apoyándose siempre en una base de dibujo con grafito o tinta. RCR aplica la acuarela directamente sobre el papel sin dibujo previo, salvo en contadas ocasiones.

Holl utiliza la acuarela recurriendo a técnicas diferentes, a las que ya hemos hecho referencia, buscando fundamentalmente efectos de luz que a su vez generen espacios sugerentes. RCR suele utilizar húmedo sobre seco y en menor medida húmedo sobre húmedo, buscando la representación ideográfica conceptual.

Steven Holl utiliza el color para la diferenciación de materiales, la representación de la luz y la ficción figurativa, mientras que RCR limita su cromatismo a una armonía muy estrecha al no buscar representación espacial realista sino puramente conceptual.

La representación gráfica de Holl es una primera aproximación al proyecto, que suele ser perfectamente comprensible para el espectador que la desconoce, mientras que los bocetos de RCR se presentan como iconos conceptuales de valor ideográfico, transmisores de la primera imagen generada por el autor y difícilmente interpretables por un observador ajeno.

CONCLUSIONES

La conclusión de este breve estudio nos permite observar como la técnica de la acuarela se adapta de forma especialmente adecuada al proceso de ideación. Sus características de flexibilidad técnica, espontaneidad, cromatismo y transparencia, se unen a otra especialmente destacable. Nos estamos refiriendo a su capacidad para incorporar a la representación ideográfica no sólo los valores objetivos que definen la propia idea si no aquellos otros que, reflejados en el gesto, la pincelada, el uso particular del pigmento y el agua o el trazo espontáneo, cargan esta representación del valor subjetivo de quien las produce, de su singularidad. De este modo se separa de otros modos de producción y representación, quizá con valores objetivos más definidos pero desprovistos en sí mismos –más allá de la idea que representan– de la carga subjetiva, singular y diferenciada que tiene la técnica de la acuarela.

Referencias bibliográficas

De la Torre, S. 1984, *Creatividad plural*, PPU, Barcelona

Osborn, A. 1953, *Applied Imagination: Principles and Procedures of Creative Problem Solving*, Charles Scribner's Sons, New York

Pérez-Gómez, A., 2003, "The Architecture of Steven Holl: In Search of a Poetry of Specifics", *El croquis*, 2003, pp. 542-551

Wallas, G. 1926, *El Arte del Pensamiento*, Jonathan Cape LTD., Londres

Young, J. W. 1982, *Una técnica para producir ideas*, Eresma, Madrid



EL CANON DE SIMÓN GARCÍA. ENTRE EL RITO Y LA GEOMETRÍA.

F. Javier RODRÍGUEZ MÉNDEZ
Higinio RAMOS CALLE
Jesús María GARCÍA GAGO

Universidad de Salamanca
Departamento de Construcción y Agronomía

ABSTRACT

The aim of this research is analysing the layouts that Simón García, an obscure 17th century author from Salamanca, included on his book 'Summary of architecture and symmetry of the Temples, in accordance with the measurement of the human body, with some geometrical demonstrations' (1681). Some authors have tried, more or less successfully, to prove Simón García's 'layout of a 5 aisles temple', at the ground plan of a few of our cathedrals. We pretend, in short, to work out both the original layout and its recent implementations, throw the study of some historical buildings.

INTRODUCCIÓN

La presente contribución forma parte de una investigación más amplia de título algo farragoso -'¿Se basan nuestros edificios históricos en un trazado geométrico preciso?. Tras la estela de los tratadistas: de Paccioli a Ghyka, pasando por Simón García'- que fue financiada por la Fundación 'Memoria D. Samuel Solórzano Barruso', de la Universidad de Salamanca, en su convocatoria de 2008. El equipo fue dirigido por Javier Rodríguez Méndez e integrado por los autores de este artículo.

Es conocido el importante papel que ha representado en todos los tiempos la geometría en el control de la forma, herramienta de diseño tanto en el campo industrial como arquitectónico. Muchos autores nos han ofrecido diferentes puntos de vista, a menudo no exentos de cierto esoterismo, principalmente en el ámbito de la arquitectura. Tal es el caso de Simón García, oscuro autor salmantino del siglo XVII a quien se debe el libro titulado 'Compendio de arquitectura y simetría de los templos conforme a la Medida del Cuerpo Humano con algunas Demostraciones de Geometría'.

OBJETIVOS

Son varios los autores que, con diverso éxito, han tratado de aplicar el más difundido de los trazados formulados por Simón García -'trazado de un templo de cinco naves'- a la planta de algunas de nuestras catedrales. Nos proponemos desentrañar la esencia del trazado canónico -y, como corolario, su posible atribución a Gil de Hontañón- a la vez que la validez de estas aplicaciones recientes en el estudio de edificios históricos.

SIMÓN GARCÍA

De Simón García se sabe poco y lo poco que se sabe procede íntegramente del *Compendio*, donde su autor afirma haber trabajado durante dieciocho años en la obra de la Catedral Nueva de Salamanca y haber recibido su formación de los grandes maestros que allí trabajaron. El valor que se le viene atribuyendo al manuscrito de Simón García reside en el hecho de ser -en una proporción aún hoy no establecida con claridad- transcripción de otro original de Rodrigo Gil de Hontañón, el gran arquitecto español del siglo XVI. Refiriéndose a la construcción de la catedral nueva de Salamanca, dice Simón García que 'hordenola Juan Gil de Ontañón, y executola, Rodrigo Gil, su hijo (de quien es lo más de este compendio por aber venido a mis manos, un manuscrito suio)' (García 1681 fol. 52). Y ésta es la razón fundamental del interés que el *Simón García* ha suscitado siempre entre nuestros eruditos.

Bonet Correa, tras dejar sentada la dificultad que entraña el discernimiento del texto de Gil de Hontañón contenido en las páginas de Simón García, se refiere a las distintas atribuciones y a sus autores (Bonet 1991 pp. 14 y ss.). Para Menéndez Pelayo son de Rodrigo Gil de Hontañón los seis primeros capítulos. No coincide con él Gómez Moreno, quien atribuye a Rodrigo Gil únicamente del capítulo I al IV, inclusive, opinando que quizás también son suyos los capítulos XVIII y LXXV. Para Camón Aznar la intervención de Gil de Hontañón a partir del capítulo VII 'debe ser muy escasa'. Concluye Bonet que los cuatro primeros capítulos son muy probablemente, si no copia literal, por lo menos, extractos muy fieles del pensamiento y texto del manuscrito de Hontañón. No está de acuerdo, sin embargo, con la opinión de Camón Aznar, en el sentido de que de Hontañón sería solamente la parte gráfica y las demostraciones

matemáticas. Chanfón Olmos, al analizar el manuscrito de Simón García desde el punto de vista de la proporción geométrica, establece en él una clara distinción entre el estudio de las relaciones numéricas y el de los sistemas de trazo, por considerar que son de distinto origen (Chanfón 1991 pp. 31-42).

De los setenta y siete capítulos que conforman el manuscrito de Simón García, treinta y seis están dedicados a presentar las bases aritméticas y geométricas que requiere el arquitecto en el ejercicio de su profesión, veintiocho contienen las distintas formas de aplicación para lograr proporciones armónicas en un edificio, cuatro describen la proporción antropométrica, y el resto se refieren a diversos temas relacionados con la arquitectura.

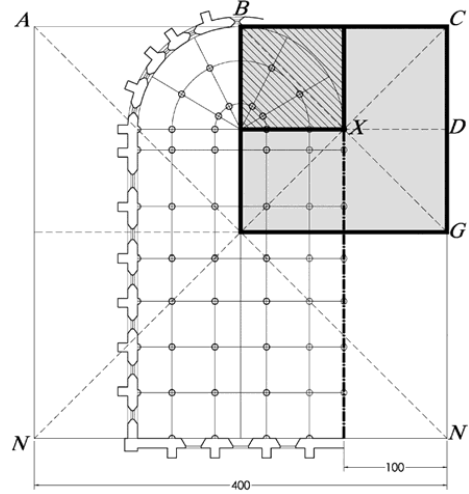
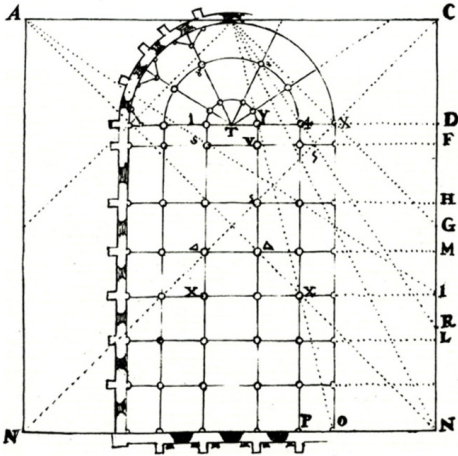


Fig. 1: Trazado de un templo de cinco naves. 1681. García fol. 12. Fig. 2: Trazado de un templo de cinco naves. Pasos 1 y 2

LOS TRAZADOS DE SIMÓN GARCÍA

El documento de Simón García contiene ocho modelos de trazos. Los cuatro que se encuentran en el capítulo V, en los folios 12r, 13r, 14r y 15r, se refieren a plantas de templos. Los tres incluidos en el capítulo VI, en los folios 19v, 20r y 21r, describen la manera de definir las proporciones de un estribo o machón de contrarresto. El último se localiza en el capítulo XVI, en el folio 59r, se refiere a diseño de estribos.

Los esquemas referidos a las plantas están contenidos en la parte atribuida casi unánimemente a Rodrigo Gil de Hontañón y, sin embargo, están cargados de inexactitudes e incongruencias. Son varios los autores que han detectado que las letras utilizadas para definir puntos no siempre coinciden en la redacción y en el dibujo. Mariátegui vio en esta incongruencia, y Chanfón manifiesta su conformidad, una razón más para confirmar el carácter de este texto como transcripción de otro original. Para este último autor, es posible captar a través de las explicaciones y descripciones de Simón García, que el uso de la geometría es puramente mecánico y empírico: 'Así los incluyó en sus notas Rodrigo Gil de Hontañón, y así los copió Simón García' (Chanfón 1991 p. 42).

John Hoag, autor de un conocido estudio sobre la obra de Rodrigo Gil de Hontañón, afirma, refiriéndose al trazado del folio 12v (fig. 1), que donde más difícil resulta llevar a la práctica el plan de Rodrigo es en la relación de unas partes con otras, debido a las complicadas operaciones geométricas que han de realizarse. Cita Hoag a este respecto el comentario de Sanabria: '...es un modo de pensar tan enrevesado como el de echar las cartas o interpretar el horóscopo. Es útil sólo porque permite tomar decisiones cuando los criterios no están claros ni son exactos' (Hoag 1985 p. 18). Subraya Hoag, y estamos totalmente de acuerdo con él, que Simón García trata de explicar estas discrepancias ignorando el propósito original de la fórmula.

Respecto a las reglas escritas por Simón García para este mismo trazado, opina Díaz Pinés que algunas de ellas son del todo inocuas y de que se observan frecuentes incongruencias (Díaz 1994 p. 125).

Se concluye que parece unánime la opinión de que el autor del *Compendio* se limitó a transmitir una suerte de conocimientos arcanos y empíricos cuyas verdaderos fundamentos geométricos desconocía. Carlos Chanfón es el único autor que se atreve a profundizar en el mecanismo de trazado del folio 12r, *Planta de un templo de cinco naves* (fig. 1), y trata un tanto superficialmente, a nuestro juicio, lo que es el núcleo del trazado de Simón García. Afirmar que todos los detalles de las naves, tales como medidas del crucero y distancia entre ejes, 'se definen por intersección de líneas diagonales que determinan la posición de rectas paralelas a los ejes principales' (Chanfón 1991 p. 39) nos parece una explicación insuficiente. A explicar con detalle la geometría



subyacente en el trazado dedicamos las páginas que siguen.

ANÁLISIS Y DESGLOSE, EN 10 PASOS, DEL TRAZADO DE SIMÓN GARCÍA PARA UN TEMPLO DE CINCO NAVES

La transcripción paleográfica que del 'trazado para un templo de cinco naves' se incluye en la edición de 1991 del manuscrito de Simón García, transcripción debida a Cristina Rodicio Rodríguez (García 1991, pp. 57-58), se desglosa a continuación en diez pasos, correspondientes a otros tantos fragmentos consecutivos del texto completo de este trazado concreto. De este modo, se pretende iluminar la aparente maraña generada por unas instrucciones que, más que explicar, hurtan a la comprensión las verdaderas intenciones del tracista.

PASO 1 (fig. 2)

El templo siguiente es formado de 5 naves con sus caueçeras. la medida de la fabrica sera que se aga un quadrado de toda la lonjitud que ubiere de lleuar, o se doble el ancho que ubiere de tener, que sera todo vno. Y formado este quadrado, se tire de un ángulo a otro como desde A. hasta N. y de N. a C. (García 1681 fol. 11v).

En primer lugar se dibujará un cuadrado de lado la longitud total del templo que se quiere construir (excluidos espesores de muros), o bien el doble de la anchura del mismo (en nuestro caso, el lado del cuadrado es de 400 pies castellanos). A continuación, se trazan las dos diagonales AN y CN (al denominar dos vértices con la misma letra, García está propiciando posteriores ambigüedades).

PASO 2 (fig. 2)

... aora parte por medio la linea C.N, y tira desde B. que es también el medio de la linea A.C. y tirando desde B. hasta G. hallaras que se cruza con la linea diagonal que echaste en el punto X. y allaras ser el 1/4 de la linea. Pues baja paralelas de vno y otro cabo y esto sera el ancho del templo (García 1681 fol. 11v).

Por el punto de corte de las dos diagonales, se traza el eje vertical del cuadrado, que pasará por B, punto medio de AC. El segmento BG, paralelo a la diagonal AN, corta a la diagonal CN en el punto X. Este punto delimita el ancho del templo y también el radio de la cabecera, magnitudes ambas que, efectivamente, resultan ser 1/4 del ancho total, es decir, 100 pies.

PASO 3 (fig. 3)

Pues para deuidir las demás nabes toma el 1/4 de la linea y échale desde N. hasta G. y allaras benir en R. tira desde R. hasta B. vna linea oculta y donde se cruçare con el nibel o paralelo del punto X. T. y se cruça en P.4 aquella distancia que ay desde 4 a X. aquello le viene de ancho a la tal nave como muestra la linea P.4. (García 1681 fol. 11v).

En este paso comienzan las explicaciones embrolladas. Se trata de obtener el ancho de las naves extremas. Simón García sitúa, sobre el lado CN, un punto R distante 1/4 del extremo N, es decir, 100 pies. Al unir este punto con el B, se corta a la horizontal DX en el punto 4, que proporciona el ancho de las naves extremas. Esta construcción lo que aporta es un rectángulo de proporción sesquialtera cuyo lado menor, BC, mide 100 pies y el mayor, CR, 150 pies. Dicho rectángulo es proporcional al que tiene por vértices opuestos los puntos B y 4. Por tanto, el ancho de las naves extremas será de 100 pies menos 66.67 (el lado menor de dicho rectángulo), es decir, de 33.33 pies, o, lo que es lo mismo, 1/6 de la anchura total (que equivale a 4/24 de dicha magnitud).

PASO 4 (fig. 4)

... aora tira otra linea desde B. hasta O. que sera el 1/4 que echaste de N. hacia G. hechale de N. açia N y bendra a O. pues tira la dicha linea y allaras que corta la trasbersa D.X.4. el punto Y. Saca parelos 4 y tendrás 3. ditribuciones del ancho (García 1681 fol. 11v).

La recta que une el punto B con el punto O (situado sobre NN a 1/4 del extremo derecho) corta a la horizontal que separa naves de cabecera en el punto Y. Lo que implica que el rectángulo cuyos vértices opuestos son B y Y es cuádruplo, siendo sus lados 100 y 25 pies respectivamente, y que la nave central tiene un ancho de 50 pies (6/24 del ancho total). Los anchos de las naves contiguas a la central son, pues, 75 menos 33.33 pies, o sea, 41.67 pies (5/24 del ancho total).

Así pues, los anchos de las cinco naves del templo de Simón García, obtenido mediante trazado, guardan la proporción 4-5-6-5-4. Según ella, la anchura de la nave colateral no llega a ser media proporcional entre las de la central y la extrema, pero sí se le aproxima: el ancho de la colateral multiplicado por sí mismo (25) es algo inferior al producto de las anchuras de la central y la extrema ($6 \times 4 = 24$).

PASO 5 (fig. 5)

Pues para la Repartición de las capillas toma el vn tercio de la línea a.n. y echalo de n. haça O y viene en el punto Y. y mira donde corta la línea. 1.4. lo que abras tirado desde A hasta I y será en el punto S (García 1681 fol. 12).

De nuevo, da la impresión de que el autor opta por una explicación sumamente prolija y confusa para una operación relativamente sencilla. Simón García sitúa el punto S en el cruce entre la vertical por 1 y la línea que une A con el tercio de CN (I). El párrafo anterior, traducido al castellano actual y corregidos los errores de designación, debiera decir: 'Después para la repartición de las capillas toma el tercio del lado AN y llévalo desde N hacia C (no O), obteniendo el punto I. El punto S será el de intersección entre las líneas AI y la vertical que pasa por 1'. En la transcripción de Cristina Rodicio, se lee punto 'Y', pero, en aras de la lógica, la letra del original ha de ser la 'I'.

A la vista de la figura 6, se deduce que el punto S no puede haberse podido hallar así. Como se verá, procede de otro punto del trazado, el 5, hallado más adelante. Estamos, pues, ante un notorio error contenido en el trazado de Simón García.

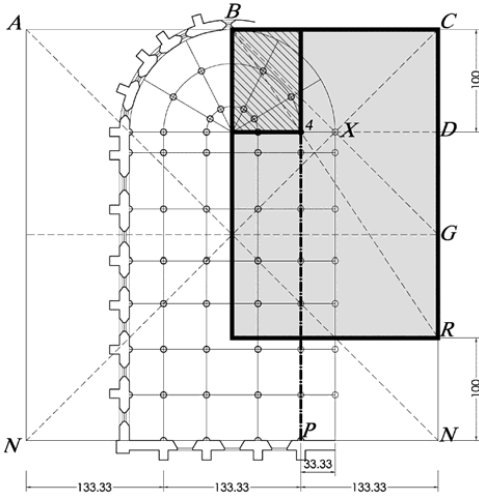


Fig. 3: Trazado de un templo de cinco naves. Paso 3

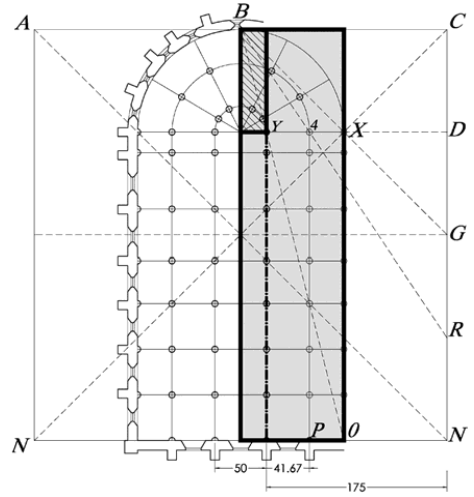


Fig. 4: Trazado de un templo de cinco naves. Paso 4

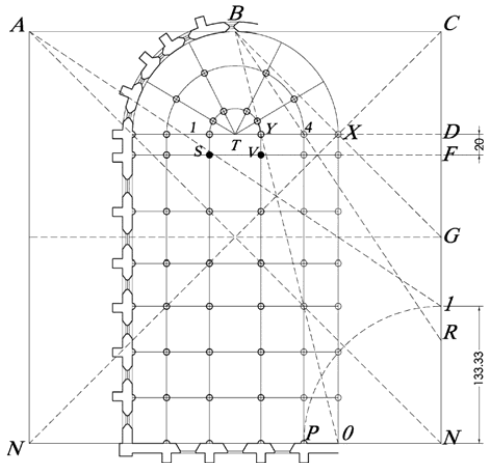


Fig. 5: Trazado de un templo de cinco naves. Pasos 5 y 6

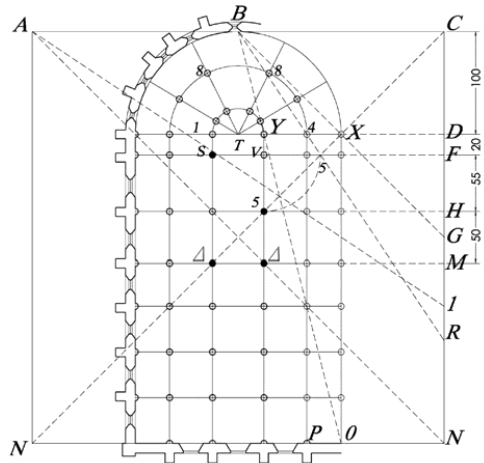


Fig. 6: Trazado de un templo de cinco naves. Pasos 7 y 8

PASO 6 (fig. 5)



... pues circunda desde T a Y, y lo que causa esta circunión con mas lo que ay desde V, asta Y. O desde S, a l o desde D a F, será la capilla mayor (García 1681 fol. 12).

Ahora lo que se pretende es definir los límites de la Capilla Mayor, cuya superficie es la suma del semicírculo de centro T y radio TY, más el rectángulo adosado a éste, cuyo lado mayor coincide con el diámetro y cuyo lado menor es igual a la distancia entre Y y V, que es la misma que existe entre 1 (no I) y S, o, en definitiva, entre D y F (estos últimos en el lado derecho del cuadrado primordial).

Díaz Pinés otorga a esta construcción una importancia capital, pues justifica la inclusión de un elemento que denota a las claras su carácter medieval: 'precisamente las capillas estrechas de los hombros de la girola, que han sido consideradas por muchos autores como una torpeza de los tracistas pero que aparecen como un componente básico de la traza canónica' (Díaz 1994 p. 125).

PASO 7 (fig. 6)

Luego para el repartimiento de la capilla mas bajo que viene a ser el crucero sobre el qual quadrado se açe el cimborrio, mira donde se cruça la diagonal CN. con la línea RB. y es en 5. pues lo que ay desde V. a 5. o desde F a H tendrá el crucero (García 1681 fol. 12).

En este paso se determina el lado vertical del crucero, sobre el que se erigirá el cimborrio. Como veremos, y en contra de lo que afirma Simón García, no es un cuadrado. El punto 5, de corte entre la diagonal CN y la línea BR, dista de V una magnitud igual al lado vertical del módulo del cimborrio, que coincide con el segmento FH del margen derecho. Por eso, aunque en el trazado original no aparezca, se ha dibujado a línea discontinua un arco de círculo de centro V y extremos los puntos 5.

Mediante el auxilio de la geometría analítica se pueden hallar las medidas DF y FH, correspondientes a la parte rectangular de la capilla Mayor y al lado del módulo del cimborrio. Respecto a un sistema de ejes cartesianos que tenga su origen de coordenadas en el centro del cuadrado, las rectas CN y BR pueden expresarse respectivamente del siguiente modo:

$$\begin{aligned}y &= x \\y &= -1.5x + 200\end{aligned}$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones así planteado, obtenemos que $y = x = 80$ pies. Es decir, que el punto 5, obtenido según se dijo, dista 80 pies de los ejes vertical y horizontal que pasan por el centro del cuadrado. Puesto que el semiancho de la nave central es de 25 pies, la diferencia hasta 80, es decir 55 pies, es lo que mide el segmento V5, igual a FH. La medida de DF, 20 pies, se obtiene como diferencia de DG, 100 pies, menos FG, que es igual a la ordenada del punto 5, es decir 80 pies.

Es ahora cuando podemos afirmar que el punto S se obtiene de esta forma, y no como lo explicaba Simón García en el paso 6. En su trazado (fig. 1) se ve claramente que los puntos S, V, 5 y F están situados sobre una misma recta horizontal.

PASO 8 (fig. 6)

Para la capilla siguiente mira donde se cruzan las diagonales con los paralelos que es en esta señal Δ triangulo o desde H a M que esta distancia tenga esta capilla que es el coro (García 1681 fol. 12).

El siguiente tramo hacia abajo, después del correspondiente al cimborrio, es el del coro. Por estar sus vértices sobre las diagonales del cuadrado ACNN, es él también un cuadrado, cuyo lado vertical (HM) es igual al lado horizontal, fijado desde el cuarto paso en 50 pies.

PASO 9 (fig. 7)

Para la repartición de las 4 capillas del coro abajo, mira donde se cruza la diagonal AN. con la línea P4. Y allará que en el punto X. pues aquella distancia que ai de X al Δ tenga cada vna de las 4 naues (García 1681 fol. 12v).

Es evidente que Simón García yerra de nuevo en este punto, pues es imposible que las cuatro naves puedan tener el mismo alto. Si el alto de la nave contigua a la del coro es igual a su anchura, por ser un módulo cuadrado, ha de ser de 41.67 pies, tal como quedó fijado en el paso 4. Las 3 naves restantes sumarán una cantidad igual a la diferencia entre el semilado total (200 pies) y la suma de 25 y 41.67 pies, es decir, 133.33 pies. Por tanto, cada una de ellas tendrá un alto de 44.44 pies, igual al tercio de la cantidad anterior.

PASO 10

Para repartir las capillas de la cabecera mira donde se cruzan la línea RB. con el segundo círculo, y es en 8 la distancia que ai de 8. a 8 es el ochabo del medio que por Respecto del Retablo es maior. Para los otros dos divide por medio desde 8. a 4. y tira todas estas líneas a T. y advierte bien en esta distribución y departimiento, que con esta orden se podran haçer otras muchas cosas (García 1681 fol. 12v).

El tracista salmantino envuelve en oscuridad el trazado de las capillas de la cabecera. Al decir que 'la distancia que ai de 8. a 8 es el ochabo del medio' debiera entenderse que el segmento 8-8 es el lado de un octógono (¿ochavo?) que tiene su centro en el centro de la girola. De ser esto así, el ángulo 8T8 tendría que ser de 45°, pero, aunque se aproxima a este valor, como veremos no es ésa su medida exacta.

Empleando nuevamente la geometría analítica se pueden hallar, esta vez, las coordenadas del punto 8 y la longitud del segmento 8-8. Respecto a un sistema de ejes cartesianos que tenga su origen de coordenadas en el centro T de la girola, la recta BR y la circunferencia de centro T, y radio T4, pueden expresarse respectivamente del siguiente modo:

$$y = -1.5x + 100$$

$$x^2 + y^2 = 66.67^2$$

Los puntos que satisfacen las dos ecuaciones, obtenidos al resolver el sistema de ecuaciones planteado, son los de coordenadas (25.64 , 61.54) y (66.67 , 0), correspondientes respectivamente a los puntos 8 y 4. El primero de ellos es el extremo derecho de la cabecera, el segmento 8-8, que mide 51.28 pies, algo más de los 50.98 que mediría el lado de un octógono regular que tuviera la misma apotema (61.54 pies).

Aplicando trigonometría, obtenemos que el ángulo que forma T8 con la vertical TB es aquél cuya tangente sea igual al cociente entre abscisa y ordenada de 8, es decir, 22.62°. El ángulo 8T8 es el doble del anterior, o sea, 45.24°. Se trata de un ángulo ligeramente mayor que el central correspondiente al lado de un octógono regular.

Por dos caminos diferentes se ha demostrado la inexactitud de lo afirmado por el discípulo de Rodrigo Gil de Hontañón.

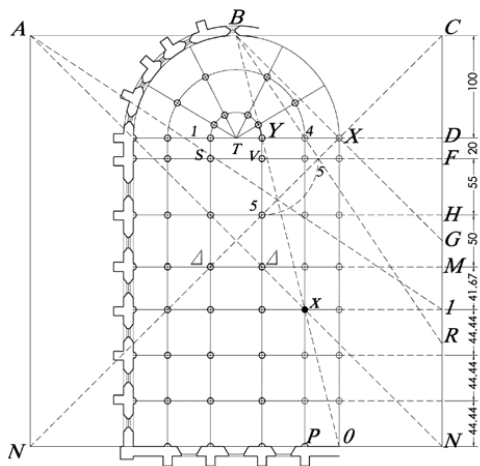


Fig. 7: Trazado de un templo de cinco naves. Paso 9

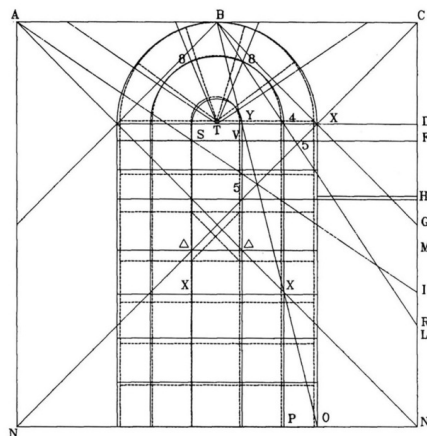


Fig. 8: Superposición de la traza de la Catedral de Palencia sobre la traza de Simón García. 1994. Díaz-Pinés

APLICACIONES RECIENTES DEL MÉTODO DE SIMÓN GARCÍA

Las dos aplicaciones a las que nos referimos se publicaron en el contexto del congreso denominado 'Medievalismo y Neomedievalismo en la arquitectura española: Las catedrales de Castilla y León', que tuvo lugar en Ávila el año 1994. Si bien son más los ponentes que se refieren al trazado de Simón García, son dos los que la aplican a otras tantas catedrales castellanas.

Fernando Díaz-Pinés, en su estudio sobre la Sede palentina (Díaz-Pinés 1994 pp. 124-125), superpone sobre la traza ideal de la catedral la de Simón García. A su juicio, la conclusión más importante que se desprende del análisis de dicho trazado es la



inclusión de un elemento que denota claramente su origen medieval: las capillas estrechas de los hombros de la girola, consideradas en general como una torpeza de los tracistas pero que aparecen como un componente básico en el trazado canónico.

Del análisis del dibujo de Fernando Díaz-Pinés (fig. 8) se puede deducir que el autor detecta la misma anomalía que aquí se ha evidenciado en el paso 5. A saber, la falta de alineación entre el punto S (obtenido como intersección entre la recta A1 y la alineación izquierda de la nave central) y el punto 5 (obtenido como intersección entre la diagonal NC y la recta BR). A falta de acuerdo, Díaz-Pinés se decanta por la primera posibilidad y dibuja el punto 5 fuera de la alineación que pasa por S. En nuestra interpretación forzamos la alineación de ambos puntos en una horizontal que dista 20 pies de la unión con la girola. Esta distancia, profundidad de las capillas de los hombros de la girola, se deduce matemáticamente en el paso 7 y resulta ser de 20 pies. La redondez de la cifra nos inclina a aceptar como buena la hipótesis. Del resto de los errores no se hace eco Díaz-Pinés, limitándose a reflejar la aproximada coincidencia de la traza original palentina con la canónica.

J. M. Merino de Cáceres (Merino 1994 p. 49) afirma encontrar en la catedral de Salamanca un trazado muy similar al propuesto por Simón García. Merino adivina en Salamanca un trazado estrictamente *ad quadratum*, basada en una modulación de 50 pies: dos muros laterales de 10, dos naves extremas de 28 pies, dos colaterales de 37 y una central de 50 pies, total 200 pies de ancho. Para él, la proporción de las naves está muy cerca de la Proporción Continua o Número de Jámblico: $50 \times 28 = 1.400$; $37 \times 37 = 1.369$. (Nave central por nave extrema igual al cuadrado de la nave colateral). Pero esto también ocurre en el trazado de Simón García, pues, como ha quedado dicho, las naves –extrema, colateral y central- están en proporción 4, 5 y 6, que también está muy próxima a la continua: $6 \times 4 = 24$; $5 \times 5 = 25$. Lo que resulta extraño es que Merino incluya el espesor de los muros en el ancho de la sede salmantina, cuando es evidente que éstos no forman parte del trazado canónico (fig. 1).

En la otra dimensión, el reparto de los tramos se hace mucho más aleatoriamente. No parece haber correspondencia alguna con el trazado modelo, sino que las líneas han sido trazadas a boleó y buscando alguna coincidencia, por nimia que sea.

CONCLUSIONES

Adolece el trazado analizado de tal cúmulo de ambigüedades e inexactitudes, especialmente las puestas de manifiesto en los pasos 5 y 7, que se nos hace muy difícil aceptar que se deba a Rodrigo Gil de Hontañón. La única posibilidad que se nos ocurre, en el caso de adjudicar a Hontañón la paternidad del trazado, es que éste dejó un dibujo huérfano de explicaciones que, posteriormente, Simón García copió y trató de interpretar, en función de sus menores conocimientos.

Tal como decíamos al comenzar, el valor otorgado al manuscrito de Simón García reside en el hecho de ser, al menos en parte, transcripción de otro original de Rodrigo Gil de Hontañón. Menéndez Pelayo atribuía a Gil de Hontañón los seis primeros capítulos (y, por tanto, también este trazado, que está en el quinto). Gómez Moreno, en cambio, sólo consideraba del arquitecto los cuatro primeros. Bonet Correa, de acuerdo con los autores citados, opina que los cuatro primeros capítulos son muy probablemente, si no copia literal, por lo menos, extractos muy fieles del pensamiento y texto del manuscrito de Rodrigo Gil de Hontañón. A nuestro juicio, puede ser tal atribución debida a la inconsistencia de los trazados incluidos en el capítulo V, destacando entre ellos, por su magnífica apariencia pero equivoco contenido, éste que acabamos de analizar.

Después de haber seguido de forma sistemática los pasos que Simón García estableció para trazar el templo de cinco naves, no podemos sino hacer nuestro el comentario de Sanabria –recogido por Hoag y citado más arriba- sobre el sistema del tratadista salmantino: ‘...es un modo de pensar tan enrevesado como el de echar las cartas o interpretar el horóscopo. Es útil sólo porque permite tomar decisiones cuando los criterios no están claros ni son exactos’ (Hoag 1985 p. 18). Señala Hoag que donde más difícil resulta llevar a la práctica el ‘plan de Rodrigo’ es en la relación de unas partes con otras, debido a las ‘complicadas operaciones geométricas que han de realizarse’. Como se visto, no es que las operaciones sean complicadas, sino que están enmascaradas y, en algunos casos, entrañan errores.

Hay otro factor que nos ha hecho reflexionar. Independientemente del valor e importancia del trazado, ¿cómo se llevaba éste a la práctica?, ¿se trataba de un verdadero sistema de replanteo?. Partiendo de un cuadrado de 400 pies de lado, hemos visto cómo se han obtenido dimensiones enteras: 50 pies para el ancho de la nave central, 55 para la profundidad del tramo del cimborrio, 20 pies para la profundidad de la capilla aneja a la girola, etc. Pero también han aparecido otras dimensiones no enteras: 41.67 para la anchura de la nave colateral, 33.33 pies para la nave extrema, etc. Es indudable la dificultad que entraña la traslación al terreno de estas unidades no enteras, en aras de dotar a la planta de una geometría ideal y prístina.

Por otro lado, es evidente que la materialización a escala real del trazado, empleado como sistema de replanteo, jamás fue una realidad. Las dificultades para encontrar un terreno de 1,3 hectáreas de superficie - expedito, plano y cuadrado- en el centro de nuestras ciudades castellanas, son fáciles de imaginar. Así pues, parece más probable que el trazado se dibujara a escala sobre un tablero y que de él se obtuvieran unas medidas enteras que, puestas en obra, servirían para replantear el templo.

Referencias bibliográficas

Bonet Correa, A., H 1991, 'Simón García tratadista de arquitectura', *Compendio de arquitectura*, pp. 13-18.

Chanfón Olmos, C., H 1991, 'Simón García y la proporción geométrica', *Compendio de arquitectura*, pp. 31-42.

Chanfón Olmos, C., H 1991, 'Simón García y la antropometría', *Compendio de arquitectura*, pp. 19-30.

Díaz-Pinés Mateo, F.: H 1994, 'La catedral gótica de Palencia: Un esquema de las transformaciones de la Bella Desconocida', *Medievalismo y Neomedievalismo en la arquitectura española: Las catedrales de Castilla y León I*, Ávila, pp. 117-145.

García, S., D (1681) 1991, *Compendio de arquitectura y simetría de los templos conforme a la medida del cuerpo humano*, Colegio Oficial de Arquitectos en Valladolid, Valladolid.

Hoag D., J.: D 1985, *Rodrigo Gil de Hontañón. Gótico y renacimiento en la arquitectura española del siglo XVI*, Xarait ediciones, Madrid.

Merino de Cáceres, J., M., H 1991, 'La Catedral de Segovia. Metrología y simetría de la última catedral gótica española', *Anales de Arquitectura*, nº 3, pp. 5-25.

Merino de Cáceres, J., M., H 1994, 'Metrología y Simetría en las catedrales de Castilla y León', *Las catedrales de Castilla y León I*, pp. 9-52.



EL PLANO DE CARTAGENA, SU ENSANCHE Y SUS INMEDIACIONES POR JULIÁN SÁEZ.

Diego ROS MCDONNELL
Frutos RAMÍREZ HERNÁNDEZ
Manuel A. RÓDENAS LÓPEZ

Universidad Politécnica de Cartagena
Departamento de Arquitectura y Tecnología de la Edificación

Resumen

Sometimes historical research gives documents of great value, documents that are full of information from a certain period of time. The analysis of a graphic document of a city, precisely the "plan of the city", shows lots of its characteristics: the influence of the topography, the shape of the city fabric, the nature and complexity of the public and private spaces, the presence of public buildings, the condition or building types etc. In sum, it allows to approach to the collective way of life of the society of the time. The plan of Cartagena realized by Julian Sáez in 1912 at the request of the Cartagena City Council belongs to that kind of documents that are essential in order to understand a city in a certain period of time. The plan faithfully reflects the reality and it is a neat and accurate drawing done with great graphic quality.

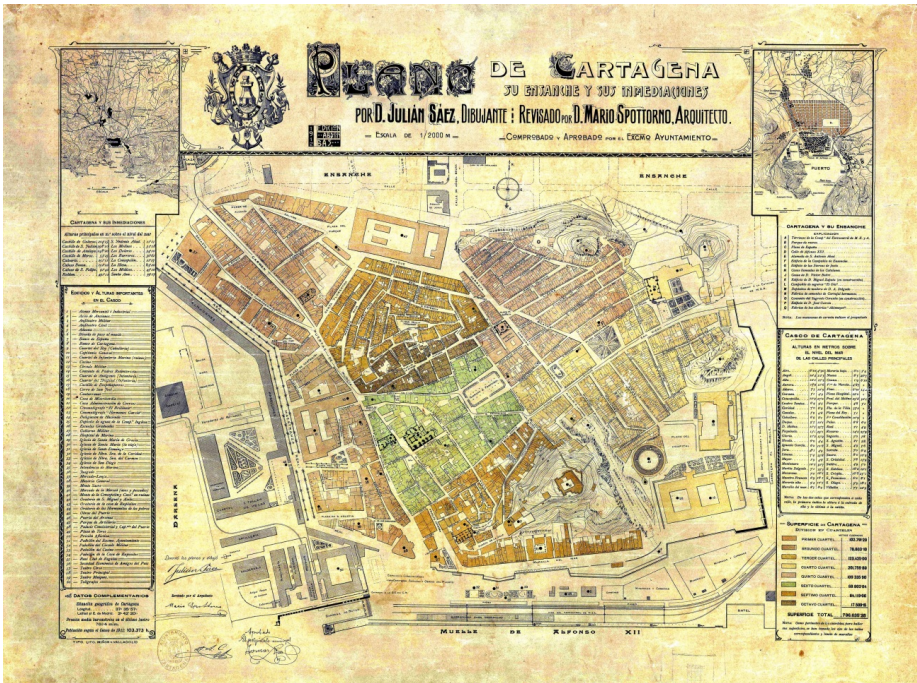


Fig. 1. Plano de Cartagena, su ensanche y sus inmediaciones realizado por Julián Sáez. 1912. Archivo Municipal de Cartagena

INTRODUCCIÓN

En ciertas ocasiones la investigación histórica proporciona documentos de gran valor, documentos cargados de información sobre una época. El análisis de un documento gráfico de una ciudad, del "plano de la ciudad", ofrece numerosas características de la misma: la influencia de la topografía, la forma del tejido urbano, la naturaleza y complejidad del espacio público o privado, la presencia de edificaciones públicas, las condiciones de la edificación o la tipología edificatoria, etc. En definitiva, permite aproximarse al modo de vida colectivo de la sociedad del momento.

La percepción de la ciudad es, como el resto de percepciones, un fenómeno cultural y, por ello, la representación de esta experiencia cognoscitiva está siempre ligada a los valores que la cultura dominante establece como primordiales en cada momento de su propia historia.

La idea de ciudad se reconoce en sus diferentes formas de representación y, por tanto requiere de cada momento la interpretación de la ciudad precedente que, en gran medida, condiciona el proyecto, realizado o no, de la ciudad posterior. (Llopis, 2011, p.10).

El plano de Cartagena elaborado por Julián Sáez en 1912, a instancias del Excmo. Ayuntamiento de Cartagena, pertenece a esa clase de documentos imprescindibles para entender cómo es una ciudad en una determinada época. El plano es un fiel reflejo de la realidad, un dibujo pulcro realizado con gran exactitud y calidad gráfica.

El dibujo de arquitectura, como parte de la naturaleza misma de la propia arquitectura, debe compartir algunas características generales de los objetos arquitectónicos. Podría decirse incluso que son características comunes a la mayoría de los objetos culturales. Un buen dibujo de arquitectura ha de ser útil, bello y duradero. (Sainz, 2005, p.63).

El documento que nos ocupa verifica los tres atributos mencionados. Es un documento útil, el plano fue empleado como soporte gráfico de trabajos urbanos desde su publicación hasta los años cuarenta. Posteriormente fue tomado como base de dibujo para planos urbanísticos de la ciudad. Es un documento bello, la cuidada composición simétrica del conjunto y las características gráficas prueban este extremo. Es un documento duradero, aprobado y publicado en 1912, este año cumple cien años. Su análisis permite descubrir las características de la ciudad, los elementos o edificaciones destacados de la ciudad, aquellos hitos urbanos que suponen centros de interés de la sociedad de aquel tiempo.

OBJETIVOS

La presente comunicación tiene como objetivo analizar el contenido y los recursos de expresión gráfica del plano de Cartagena, su ensanche y sus inmediaciones realizado por Julián Sáez en 1912.

CONTENIDO

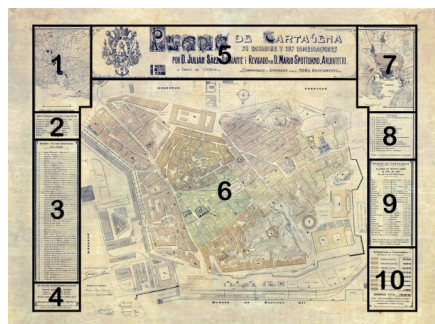


Fig. 2. Estructura del plano de Julián Sáez. 1912. Elaboración propia

Descripción general.

La composición del plano es simétrica. El protagonista del conjunto es el plano de la ciudad, ocupa el centro y abarca la mayor parte del mismo. El nombre y títulos del plano dispuestos sobre la ciudad enfatizan el eje de simetría del conjunto. Dispone las leyendas y explicaciones escritas en ambos lados del plano, como dos columnas laterales enmarcando la ciudad. Estas columnas están coronadas por los dos dibujos menores de la composición.

El plano fue revisado por el arquitecto Mario Spottorno y comprobado y aprobado por el Excmo. Ayuntamiento de Cartagena. En el mismo constan el sello del Ayuntamiento, la aprobación del arquitecto municipal Tomás Rico y el visto bueno del Alcalde de la ciudad.

El plano está estructurado en diez partes, fig. 2, un dibujo principal, número 6, dos dibujos secundarios, números 1 y 7, y siete correspondientes a títulos o leyendas explicativas, estas partes son las siguientes:

1. Cartagena y sus inmediaciones.
2. Alturas principales en metros sobre el nivel del mar.
3. Edificios y alturas importantes en el Casco.
4. Datos complementarios.



5. Títulos del plano.
6. El plano de la ciudad.
7. Cartagena y su ensanche.
8. Explicación de la nomenclatura empleada en el plano de Cartagena y su ensanche.
9. Casco antiguo de Cartagena. Alturas en metros desde el nivel del mar de las calles principales.
10. Superficie de Cartagena, según la división administrativa de la ciudad.

El plano de Cartagena, su ensanche y sus inmediaciones emplea lenguaje gráfico, principalmente, y lenguaje escrito, aclaratorio o complementario.

El dibujo de arquitectura es una representación eminentemente gráfica, esto es, utiliza primordialmente el medio gráfico para transmitir una comunicación o para expresar un sentimiento. ... Sin embargo, este lenguaje gráfico puede ir acompañado –para su aclaración, su determinación o su composición– por otros tipos de lenguajes, en concreto el alfanumérico. Tanto las letras como los números son signos abstractos, y esa es una de sus diferencias principales respecto al lenguaje gráfico. (Sainz, 2005, p.179).

El documento comprende un dibujo principal, dos dibujos secundarios y varias leyendas explicativas:

- Dibujo principal.
Representa la ciudad existente, el actualmente denominado Casco Antiguo de Cartagena.
- Dibujos secundarios
Representan respectivamente:
 - Cartagena y el Ensanche proyectado en 1896. En aquellos momentos el Ensanche apenas se había ejecutado
 - Cartagena y sus inmediaciones. Dibujo de mayor escala reflejando el territorio en torno a la ciudad con las localidades o pedanías cercanas.
- Leyendas.

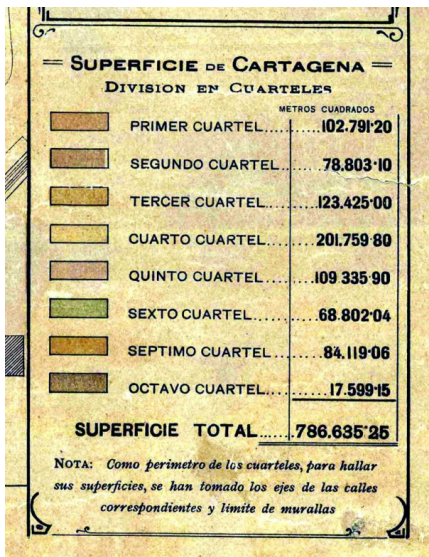


Fig. 3. Superficie de Cartagena. División en Cuarteles. Detalle del Plano de Cartagena, su Ensanche y sus inmediaciones por Julián Sáez. 1912. Archivo Municipal de Cartagena.

El plano contiene textos que detallan y completan la información gráfica, como la superficie de Cartagena estructurada según la división administrativa de la ciudad, Figura 3, la relación de edificaciones importantes, un total de sesenta, las alturas y otros elementos urbanos relevantes. La enumeración de edificaciones significativas no es exhaustiva, algunas de las edificaciones importantes no figuran en la leyenda y han sido rotuladas sobre el plano de la ciudad, como es el caso del Arsenal y sus instalaciones, del Convento de las Siervas de Jesús y del Hospital de Caridad. Por otra parte, el orden alfabético seguido no es estricto, parece como si se hubiera rotulado según la primera letra de la palabra, sugiere una cierta espontaneidad en su elaboración. Agrupando, según uso o destino, las edificaciones destacadas de la ciudad define el carácter de la sociedad, esto es de la ciudad:

- Edificaciones militares:
 9. Cuartel del Rey (Caballería).
 10. Capitanía General.
 11. Cuartel de Infantería Marina (ruinas).
 15. Cuartel de Antigones (Infantería).
 16. Cuartel del Hospital (Infantería).
 27. Gobierno Militar.
 28. Hospital de Marina.
 35. Intendencia de Marina.
 47. Parque de Artillería.
 - 48 bis. Capitanía del Puerto.
- Edificaciones religiosas, beneficencia y asistencia social:
 2. Asilo de Ancianos.
 14. Convento de Padres Redentoristas.
 20. Casa de Misericordia.
 29. Iglesia de Santa María de Gracia.
 30. Iglesia de Santa María (la vieja).
 31. Iglesia de Santo Domingo.
 32. Iglesia de Nuestra Sra. de la Caridad.
 33. Iglesia de Nuestra Sra. del Carmen.
 34. Iglesia de San Diego.
 42. Oratorio de San Miguel y Asilo.
 43. Oratorio de la casa de Expósitos.
 44. Oratorio de las Hermanitas de los pobres.
- Edificaciones culturales y de relaciones sociales:
 1. Ateneo Mercantil e industrial.
 3. Anfiteatro Militar.
 4. Anfiteatro Civil.
 12. Casino.
 13. Círculo Militar.
 22. Cinematógrafo "El Brillante".
 23. Cinematógrafo "Hermanos García".
 26. Escuelas Graduadas.
 49. Plaza de Toros.
 51. Pabellón del Excmo. Ayuntamiento.
 52. Pabellón del Círculo Militar.
 53. Pabellón del Casino.
 54. Pabellón de la Casa de Expósitos.
 55. Real Club de Regatas.
 56. Sociedad Económica de Amigos del País.
 57. Teatro Circo.
 58. Teatro Principal.
 59. Teatro Maiquez.
- Edificaciones administrativas:
 5. Aduana.
 7. Banco de España.
 8. Banco de Cartagena.
 21. Casa de Administración de Correos.
 24. Delegación de Hacienda.
 36. Juzgado.
 37. Mercado-Lonja.
 38. Mayoría General.
 40. Mercado de la Merced (aves y pescados).
 45. Obras del Puerto.
 48. Palacio Consistorial.
 50. Prisión Aflictiva.
 60. Telégrafos.
- Principales relieves o elementos notables:
 6. Bóveda de paso al muelle.
 18. Cerro de San José.
 19. Cantarranas.



- 25. Depósito de aguas de la Compañía Inglesa.
- 39. Monte Sacro.
- 41. Monte de la Concepción y Castillo en ruinas.
- 46. Puerta del Arsenal.

La relación de edificaciones principales de la ciudad anteriormente expuesta muestra el eminente carácter militar de Cartagena en aquellos años, además del arsenal no incluido en la lista mencionada, diez edificaciones son instalaciones del Ministerio de la Guerra. Incluso la segregación social entre estamento militar y civil es patente, cada uno de ellos cuenta con anfiteatro, pabellón en el paseo de muelle y círculo o asociaciones propias de relación. Por otra parte, la ciudad presenta un importante número de edificaciones culturales, muestra de una notable actividad y relación social. También presenta un considerable número de edificaciones religiosas y de beneficencia, manifestación de las preocupaciones espirituales y sociales de la Cartagena de entonces.

Dibujo principal: El plano de la ciudad.

El plano de la ciudad muestra el estado de desarrollo urbano. Representa una etapa intermedia de la transición del recinto decimonónico, cerrado y amurallado, a la ciudad del siglo XX, revela la reforma urbana y su extensión. La parte de la muralla de tierra se dibuja a trazos, reflejo de su reciente desaparición en aquellos años. El plano recoge las trazas del ensanche de la ciudad y la gran reforma urbana en ejecución que suponía la apertura de la calle Gisbert, prolongación de la calle de la Caridad hasta el puerto.

Analizando la estructura de la ciudad esta contaba con dos ejes principales, uno, claro y evidente, en dirección sensiblemente norte sur y otro, un tanto difuso y quebrado, en dirección este oeste.

El primero, parte desde donde se emplazaban las puertas de Madrid, siguiendo por las calle del Carmen, calle Puertas de Murcia, Plaza de Perfumo (San Sebastián), calle de la Marina Española (Mayor), Plaza del Ayuntamiento y termina localizaban las puertas del Muelle.

El segundo eje parte de las puertas de San José, todavía no habían sido demolidas, siguiendo por la calle de San Diego, calle del Duque, plaza de San Ginés, calle de los Cuatro Santos y, realizando un quiebro por calle del Pí Margal (Aire) y calle de Osuna (Cañón), se llegaba a la plaza del Ayuntamiento, donde se encontraba el Palacio Consistorial. En este eje, a la altura de la plaza de San Ginés se presenta una bifurcación, en este caso parte un tortuoso itinerario que continuando, entonces, por la calle de San Francisco, plaza Glorieta de San Francisco y calle del Capitán Briones (Honda), llegaba a la calle puertas de Murcia, intersectando con el eje norte-sur, frente a Capitanía General.

Sensiblemente paralelo al primero de los ejes se encuentra la calle Real o de la Maestranza, cuya anchura es consecuencia de la separación exigida por el Ministerio de la Guerra respecto de las murallas del Arsenal. Funcionando como circunvalación de la ciudad en la comunicación con el puerto desde las puertas de Madrid

Referente a las formas de representación empleada para definir el contenido del plano de la ciudad se pueden contrastar las siguientes características, Fig. 4:

Empleo de diferentes recursos gráficos, varía el grosor de línea para representar diferentes conceptos. Línea continua, variando en grosor, según la orientación para definir las alineaciones de las manzanas. Línea de menor sección en la representación del parcelario. Línea discontinua para representar la ciudad proyectada, el principio del nuevo ensanche, y algunos elementos urbanos a eliminar, muralla de tierra. Emplea el color para diferenciar los usos del suelo. El blanco lo reserva para el espacio público y para los solares y patios sin edificar. Mediante el empleo de colores resuelve la división administrativa de la ciudad en Cuarteles, los colores corresponden con la leyenda explicativa contenida en la leyenda. La escala empleada es 1:2000, a diferencia de los otros dos dibujos menores no incluye escala gráfica.

La información relativa a la realidad urbana es considerable:

Alineaciones de manzanas. La delimitación entre espacio público y espacio privado se define mediante la alineación de manzanas. Las líneas empleadas para definir las alineaciones varían su grosor según su orientación simulando una sutil sombra.

División administrativa de la ciudad, la estructuración en cuarteles o sectores. La división administrativa en ocho cuarteles se plasma ilustrando cada uno de ellos con un color diferente.

Informa del parcelario de la ciudad dibujando la división de la propiedad o predios urbanos. Además de la forma de la finca, detalla la superficie de solar ocupada por la edificación y la superficie libre de construcción, patio o solar.

Una de las características del plano es la representación de las iglesias, esto es, perfila el espacio religioso o espacio semipúblico. Anteriormente numerosos planos, como el plano de Roma dibujado por Giambattista Nolli, habían realizado esta distinción.

Líneas de tranvías de la ciudad. En la figura se aprecia la línea dispuesta en la calle Puerta de Murcia, Capitán Briones (Honda), Glorieta de San Francisco, donde existía un desdoble, y la calle de San Francisco.

Representación de jardines y diseño de plazas. Las palmeras existentes en la calle real son fácilmente reconocibles.

Callejero: incluye la nomenclatura de las calles vigentes y adjunto, entre paréntesis, el nombre tradicional de aquellas calles cuyo nombre había sido modificado.

El plano está dibujado a escala 1:2000.

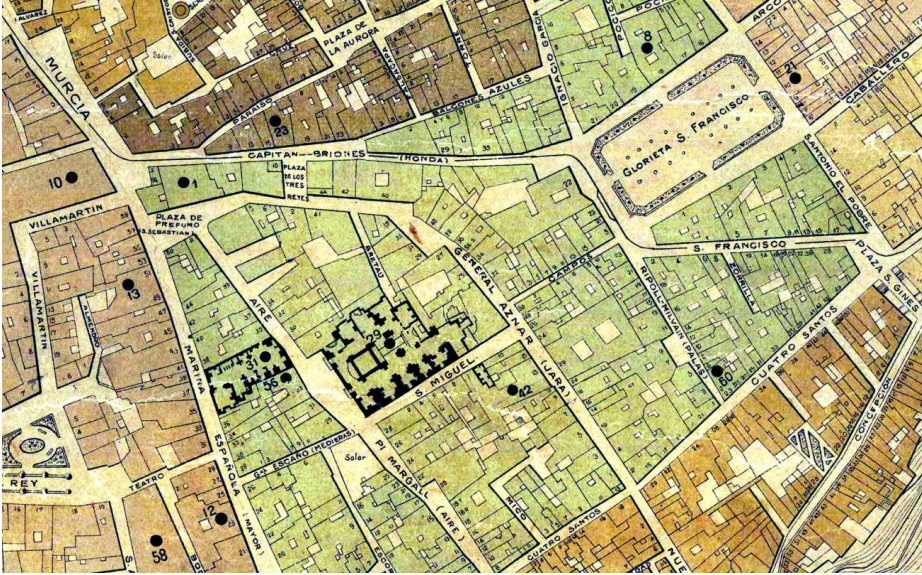


Fig. 4. Detalle del Plano de Cartagena, su Ensanche y sus inmediaciones por Julián Sáez. 1912. Archivo Municipal de Cartagena.

Dibujos secundarios: Cartagena y sus inmediaciones.

Dibujo situado en la parte superior izquierda del documento que define las características del entorno de Cartagena. Detalla los poblados existentes en la periferia, actualmente todos ellos alcanzados por la extensión de la ciudad, La Concepción, Santa Lucía, San Antonio Abad, Los Molinos, Los Barreros y Los Dolores, los principales caminos y carreteras de comunicación, las vías del ferrocarril, tanto la línea de comunica con Madrid como la línea de la Unión, los accidentes geográficos, las colinas con su designación, el relieve mediante curvas de nivel, las ramblas y vaguadas. Está dibujado de forma sobria en tinta negra, las poblaciones son manchas negras. De los tres dibujos contenidos en el plano es el que abarca mayor extensión de territorio. Incluye escala gráfica, Fig. 5.





Fig. 5. Cartagena y sus inmediaciones. Detalle del Plano de Cartagena, su ensanche y sus inmediaciones realizado por Julián Sáez. 1912. Archivo Municipal de Cartagena

Dibujos secundarios: Cartagena y su ensanche.

Dibujo situado en la parte superior derecha del documento, plasma los poblados inmediatos a la ciudad y localiza y define las trazas del ensanche de la ciudad. Cartagena contaba con la figura de ensanche de población, desde su aprobación en 1900 había sufrido diversas variaciones, siendo el trazado contenido en el plano de Julián Sáez el que se intentaría llevar a la práctica, Fig. 6.

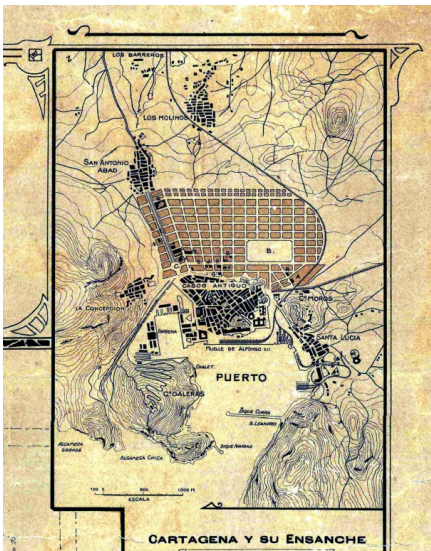


Fig. 6. Cartagena y su ensanche. Detalle del Plano de Cartagena, su ensanche y sus inmediaciones realizado por Julián Sáez. 1912. Archivo Municipal de Cartagena

Entre las características del ensanche aquí definido cabe establecer la siguientes, primero, no articula ni dota de unidad la ciudad antigua y las poblaciones inmediatas o cercanas, actualmente absorbidas en el tejido urbano de Cartagena, esto es, no une ni enlaza el conjunto de la ciudad, segundo, el ensanche queda delimitado por tres límites o barreras existentes, estos son, sur, el casco antiguo, este, la vía del ferrocarril y oeste, la rambla de Benipila, solo permite las futuras expansiones por el norte, tercero, la dimensión de manzanas es homogénea, si bien mantiene una testimonial variedad en la última fila de manzanas, cuarto, considera de

forma flexible la retícula procediendo a distorsionarla para adaptar su trazado a la Alameda de san Antón, quinto, la extensión del ensanche es, aproximadamente, el doble de la superficie urbana existente.

Está dibujado siguiendo algunos de los criterios establecidos en los Reglamentos para la ejecución de la Leyes de Ensanche de 1864 y de 1876 (Gaceta de Madrid 1867 y 1877), tinta negra en límites, vías y demás circunstancias topográficas, tinto roja para ensanche. Al igual que el otro dibujo secundario, Cartagena y sus inmediaciones, incluye su propia escala gráfica.

Empleo posterior del plano de Julián Sáez.

La calidad y definición del plano de referencia hace que los servicios técnicos municipales de Cartagena empleen como base de trabajo para trazar distintas infraestructuras urbanas hasta la década de los cuarenta, como son el trazado del alcantarillado, el emplazamiento de las pasaderas de asfalto, la distribución de las fuentes públicas o las obras de urbanización ejecutadas en el casco. (Ros 2007).

CONCLUSIONES

El plano de Cartagena, su ensanche y sus inmediaciones realizado por Julián Sáez es un documento del estado de una época de la ciudad. Por una parte muestra la realidad de la ciudad y su entorno, el tejido urbano, el espacio público y el espacio privado, la edificación y sus vacíos. También muestra las previsiones futuras de crecimiento, tanto las determinaciones generales del ensanche proyectado como el detalle de las alineaciones de las calles del desarrollo inmediato a la ciudad. Así mismo refleja las estructuras defensivas de la ciudad que en aquellos años se estaban demoliendo, la muralla de tierra.

La información contenida complementa lenguaje gráfico y lenguaje escrito.

Los recursos gráficos empleados fundamentalmente son:

- Valoración de línea. Emplea distintos tipos de líneas, continuos y trazos, y juega con diversos grosores.
- Valoración del color. Mediante el color expresa conceptos.

La representación de Cartagena y su ensanche emplea criterios definidos en el reglamento para la ejecución de la Ley de Ensanche.

Referencias bibliográficas

Farrelly, L, 2011 *El dibujo para el diseño urbano*, Art Blume, Barcelona.

Gaceta de Madrid, 1 de mayo de 1864, Reglamento para la ejecución de la Ley de 29 de junio de 1864, relativa al ensanche de poblaciones, Madrid.

Gaceta de Madrid, 21 de febrero de 1877, Reglamento para la ejecución de la Ley Ensanche de 1876, Real Decreto de 19 de febrero de 1877, Madrid.

Llopis Alonso, A & Perdígón Fernández, L, Re-printed in 2011, *Cartografía histórica de la ciudad de Valencia (1608-1944)*, Editorial Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

Pérez Rojas, F J 1986, *Cartagena 1874-1936. Transformación urbana y arquitectura*, Editora Regional de Murcia, Murcia.

Ros McDonnell, D, Tesis Doctoral, lectura y defensa en Mayo 2007, *El Proyecto de Ensanche, Reforma y Saneamiento de Cartagena. Desarrollo y Evolución Urbana*, UPV, Valencia.

Sainz, J 2005, *El dibujo de arquitectura. Teoría e historia de un lenguaje gráfico*, Editorial Reverté SA, Barcelona.



Manuel A. RÓDENAS LÓPEZ
Diego ROS McDONNELL

Universidad Politécnica de Cartagena
Departamento de Arquitectura y Tecnología de la Edificación

Abstract

Selling dreams. Advertising and graphic expression at the working-class houses of Cartagena. 1928

At the beginning of 20th century Cartagena lacked hygienic dwelling and had an Expansion Plan which was not being developed properly according to prospects. One of the reasons of the delay was due to the fear of building on swampy lands where the expansion was supposed to take place.

The Town Council decides to boost the expansion through the construction project of two suburban areas with the total amount of 1500 dwellings.

That Project comprised a great variety of types of homes. The sale of these houses was supported by an accurate advertising campaign. The building society made an exhibition of the dwellings including models and abundant graphic documents. This event reveals the deliberate using of architectural drawing and modeling as instruments of spreading and support to the social housing promotion policy. This paper expounds the features of graphic expression used at the advertising of the Working-class Houses of Cartagena.

Texto comunicación

1.- Introducción.

La ciudad de Cartagena, a finales del siglo XIX se había constituido no sólo como uno de los focos industriales principales de la provincia de Murcia sino en un centro aglutinador de gran actividad industrial, comercial y portuaria del sureste español. Así lo constata el gran número de instalaciones fabriles y de transformación con las que contaba la ciudad a comienzos del siglo XX y la intensa actividad industrial conglomerada alrededor del puerto y la ciudad, todavía amurallada (Pérez Rojas 1986).

La ciudad comenzó muy pronto a experimentar los mismos problemas que se estaban produciendo simultáneamente en otras ciudades españolas de similares características a finales del siglo XIX. El auge del sector industrial y portuario atraería a miles de obreros desde las diversas poblaciones del Campo de Cartagena, que intentaron asentarse en una ciudad de extensión limitada por las murallas, el mar y la zona húmeda e insalubre conocida como El Almarjal. Asimismo, el comienzo del decaimiento de la actividad minera en la vecina localidad de La Unión, con la consiguiente migración de población hacia la ciudad en busca de trabajo, no haría más que agravar la ya precaria situación que se estaba dando en el casco urbano. El problema del hacinamiento y las condiciones de habitación, que en muchos de los casos descritos era muy similar al de infravivienda, pronto se dejaría sentir en la vida cotidiana de los cartageneros como pone de manifiesto las múltiples alusiones al tema encontradas en la prensa de la época (La voz de Cartagena, 7 de mayo de 1924). De este modo, la ciudad se hizo eco del asunto conocido ya a nivel nacional (y desde años atrás, a nivel europeo) como 'el problema de la vivienda'.

Una clara muestra de ello se presenta dentro de la memoria del 'Proyecto de Ensanche para Cartagena' publicada en el año 1897. En ella se describe la situación a la que ha llegado la ciudad y pone de manifiesto el acuciante problema a resolver. Este documento marcaría el inicio de unas de las transformaciones más importantes de la ciudad de Cartagena a comienzos del siglo XX.

Como bien es sabido, la situación aquí descrita no sería ajena para el resto de la geografía española, en donde se localizarían problemas similares en casi todo el territorio nacional y no sólo en las principales ciudades como Madrid o Barcelona, que actuarían como grandes imanes de atracción poblacional. Así, ciudades con gran actividad industrial, comercial o minera como Tarragona, Gijón, y sobre todo poblaciones del País Vasco, verían aumentada su población y con ella, la necesidad de dar cabida a innumerables familias de condición fundamentalmente obrera.

De este modo, la solución al grave problema de la vivienda se convirtió a partir de estos momentos en un objetivo común y en donde, con diferentes motivaciones, actuaron diversos agentes. Se inició entonces en España toda una andadura conformada por estudios e informes sobre el estado de la habitación obrera, propuestas para otorgar ayudas y ventajas a diversas sociedades constructoras de casas para obreros y toda una serie de medidas que destilaban la enorme preocupación que atenazaba a la sociedad española en aquellos años. Este dilatado proceso culminará con la "Preparación de las bases para un Proyecto de Ley de

Casas Baratas" en 1907 que, finalmente, desembocará en la promulgación de la "Ley de Casas Baratas" del 12 de junio de 1911 y las posteriores de 1921 y 1924 (Arias González and Pintado Céspedes 2011) En aquellos momentos, y con el panorama anteriormente descrito, la ciudad de Cartagena, contaba con todos los ingredientes necesarios para verse afectada por la gran cantidad de cambios a que daría lugar la tan esperada ley. De una parte, la ciudad presentaba el grave problema a resolver común en toda la nación, la carencia de viviendas obreras y por otra, disponía de un ambicioso proyecto de Ensanche aprobado que le serviría para ordenar el inminente desbordamiento de la población más allá de sus murallas. Sin embargo, el ensanche de la ciudad no se estaba desarrollando según las previsiones. Uno de los motivos del retraso del mismo se debía al temor de los ciudadanos a edificar en terrenos inundables donde se emplazaba, ya que dicha área había sufrido dos grandes inundaciones en 1916 y 1919, particularmente grave esta última. A partir de entonces Cartagena se sumó a la infinidad de iniciativas de construcción de las recién nacidas 'casas baratas' que se desarrollarían por toda España. Desde la primera intervención de la Sociedad Cooperativa 'La Conciliación' en 1912, en el Barrio de La Concepción, un barrio extramuros inmediato a la ciudad antigua, hasta los últimos intentos frustrados de aprovechar las últimas actuaciones del "Patronato de Política Social Inmobiliaria", (antes de pasar el testigo al "Instituto Nacional de la Vivienda"), se sucedieron en Cartagena toda una serie de propuestas. Éstas incluyeron desde el intento de conseguir terrenos en el Ensanche, hasta el proyecto y construcción parcial de 1500 Casas Baratas distribuidas en dos barriadas y que supuso un importante episodio en el crecimiento de la ciudad.

2.- Objetivos.

El objetivo principal de esta comunicación es el de exponer los métodos y actuaciones que sirvieron para dar difusión y apoyo al principal proyecto de vivienda social en la Cartagena de principios de siglo XX y analizar las características de la expresión gráfica empleada en la propaganda del mismo.

3.- El Proyecto de 1500 Casas Baratas en el Ensanche.

El 14 de abril de 1928, el representante de la sociedad 'Construcciones Inmobiliarias S.A.' D. Pablo Vila San Juan propone al Ayuntamiento de Cartagena la construcción de 1.500 casas baratas distribuidas en dos barriadas. Tres meses más tarde, el Ayuntamiento firmaba el contrato con esta empresa para ejecutar el proyecto recién redactado (julio de 1928) por el arquitecto catalán José Majó i Ribas. Tal y como se describe en el contrato, en principio una de las dos barriadas sería para obreros y el otro para 'la llamada clase media' (Ros McDonnell et al. 2006). El proyecto original de 1500 casas baratas en el Ensanche de Cartagena (Majó i Ribas 1928), constaba de 15 tipos de viviendas (de la A a la O) distribuidos en dos zonas. La primera de ellas y más grande, que ocupaba 56 manzanas en total con mil viviendas (de los once primeros tipos de dos plantas), unas escuelas y un campo deportivo, se situaba en la parte oeste del ensanche, a una manzana del Paseo de la Alameda de modo que conectase las proximidades de la ciudad antigua con el pueblecito de San Antonio Abad, al norte de la periferia. Ésta incluiría las viviendas más caras. La segunda zona, ubicada en la parte más oriental, disponía 500 casas (de los restantes tipos L, M, N y O) de una sola planta y más económicas en 30 manzanas, además de destinar otras dos a un imponente edificio dedicado a 'Escuelas y Capilla' y otro campo de deportes.

La documentación general del proyecto constaba de Memoria Descriptiva (añadiendo indicaciones constructivas también), Estado de mediciones, Pliego de condiciones y Planos gráficos. Dentro de la documentación gráfica se incluía toda una serie de planos que comenzaban con el emplazamiento de ambas zonas dentro del ensanche, delimitando las propiedades e indicando la distribución de viviendas con aguada de tinta a color para la identificación de los tipos. Los planos generales, normalmente a escala 1/1000, se completaban con los de urbanización y alcantarillado de ambas zonas así como perfiles longitudinales y transversales de las calles implicadas. En cuanto a las edificaciones, las 2 escuelas proyectadas en ambas zonas (incluyendo una capilla en la zona 2ª) aparecen grafiadas completamente a escalas 1/200 y 1/100 a un nivel descriptivo con plantas, alzados y un par de secciones componiendo un total de 6 planos gráficos para cada edificio. Este mismo tratamiento narrativo se verá reflejado en cada uno de los distintos planos de los 15 tipos de vivienda. Para definir las viviendas bastarán unos planos individuales grafiados a color y escala 1/100 que reflejan planta baja, piso, fachada principal (y lateral en su caso) y una sección denominada siempre A-B. (Fig 1) Por debajo de esta escala sólo encontramos el plano de sección de una 'colectora tipo Z' detallada a 1/20. Dentro del conjunto de documentación técnica no se incluyen representaciones tridimensionales ni de tipología ni del conjunto residencial. Éstas se producirán después con objetivos explicativos o publicitarios.



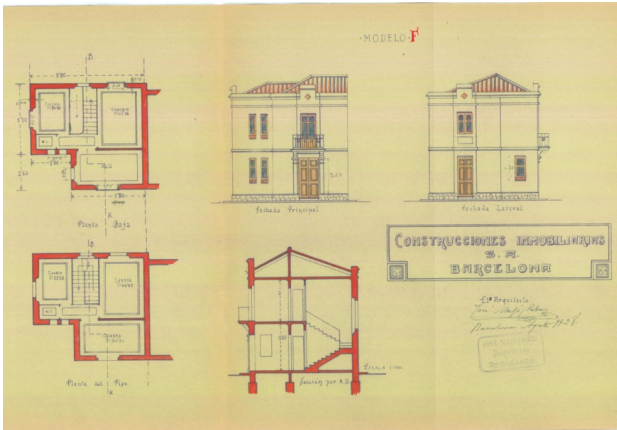


Fig 1. Plano Modelo F. 1928. Majó i Ribas, J.

4.- Difusión del proyecto.

Colocación de la primera piedra.

El acto de colocación de la primera piedra se realizó el domingo día 17 de febrero de 1929. La tarde anterior, el Jefe del Negociado del Ministerio de Trabajo D. Salvador Crespo ofreció una conferencia en el salón de actos del Ayuntamiento sobre el tema de las Casas Baratas, los beneficios de la vivienda higiénica y su importancia en toda España (La Tierra, 17 febrero 1929). Por la magnitud de la intervención, 1500 casas distribuidas en dos zonas, se esperaba la construcción de una nueva ciudad fuera del recinto amurallado. Además de esta representación del Ministerio de Trabajo, al citado evento asistieron las autoridades, el gobernador civil, el alcalde Alfonso Torres, los miembros del Consejo de Administración de la empresa constructora C.I.S.A., el arquitecto autor del proyecto D. José Majó i Ribas, el resto de técnicos, los representantes de las entidades bancarias y el obispo de la Diócesis de Cartagena que bendijo el acto. Las personalidades llegadas a Cartagena desde Madrid y Barcelona, visitaron la ciudad guiadas por una comitiva presidida por el alcalde y pudieron contemplar los terrenos donde se ejecutarían las viviendas desde lo alto del Parque Torres. Dado que se celebraría a las cuatro y media de la tarde del domingo, el anuncio del mismo, se realizó mediante la publicación de un bando del alcalde en diversos diarios como 'El Eco de Cartagena' el día anterior o 'La Tierra' el mismo domingo de la celebración. El acto tuvo lugar en la parte del Ensanche, comprendida entre el camino de Los Molinos que llevaba a la fábrica de electricidad y el paseo de la Alameda (El Eco de Cartagena, 15 de febrero de 1929) (Fig. 2). Se dispuso una serie de tribunas en círculo adornadas con los escudos local y nacional, y en el centro, además de instalar el trípode para la colocación de la primera piedra, se distribuyeron mesas con las maquetas de los diferentes tipos de viviendas. Como de costumbre, se introdujeron diarios, monedas y otros objetos en una arqueta al lado de la primera piedra (El Porvenir, 18 de febrero de 1929).

444



Fig 2. Acto colocación primera piedra. 1929. AGRM. Fondo Casau AC-033-001346

Instalación de oficinas de CISA, exposición de maquetas y folleto divulgativo.

A finales del mes de marzo de 1929, la empresa Construcciones Inmobiliarias S.A. (CISA), alquiló un bajo comercial en los números 2,4 y 6 de la Calle Tomás Maestre de Cartagena, con objeto de instalar sus oficinas de información al público, en donde se exhibieron los diferentes planos, maquetas y modelos de contrato. (La Tierra, 22 de marzo de 1929). (Fig. 3)

Posteriormente, en este mismo año, se realizó una exposición de maquetas en los bajos de la céntrica Casa-palacio Cervantes donde estuvieron expuestas las maquetas de todos los modelos de vivienda con sus distribuciones en planta. (Fig. 4)



Fig 3. Local CISA. 1929. AGRM. Fondo Casaú C-29/1196 Fig 4. Exposición maquetas Casa Cervantes. 1929. (Aznar Acosta)

Dentro del material informativo que se puso más tarde a disposición del público, se encontraba también un elaborado folleto publicitario (de 14 x 28 cm aprox. en formato vertical) de unas 20 páginas impreso en Barcelona (CISA 1930). Este material divulgativo se editó una vez iniciada ya la construcción de la primera zona del barrio y estando a punto de entregar el primer lote de casas. (Fig. 5)

En la portada se puede observar una perspectiva aérea de una de las esquinas de la promoción, a todo color, donde aparece en primera instancia el modelo de vivienda 'J', seguido de los modelos 'H' e 'I'. Detrás de este grupo se observan más viviendas, de tipología no tan reconocible y que, de un modo más desordenado, se alejan hasta fundirse con el horizonte. Un cielo azul intenso y unas imponentes nubes blancas componen el fondo. El lateral izquierdo y el inferior lo ocupan elementos arquitectónicos que nos remiten a que la escena descrita parece estar observada desde un balcón con ornamentos florales.

A nivel cromático se concentran los colores cálidos en el tercio central de la imagen, representando principalmente las cubiertas de teja, los zócalos de piedra, jardines y aceras. Las masas de blancos y beige de las nubes y la calle, hacen de transición hacia los bordes de una composición que se cierra con las tonalidades frías, azul y violeta de los elementos arquitectónicos en sombra.

El modelo 'J', el más caro de toda la actuación, rodeado de huertos, con una superficie edificada de 105 metros cuadrados en cada una de sus plantas y el único que dispone de una torre en su composición encabeza el encuadre y se convierte así en la imagen más característica de esta barriada de Casas Baratas acercándola más a la imagen de la tan extendida 'Ciudad Jardín'. Este tipo fue el elegido como inicio y final de las hileras de casas más modestas en muchas de las manzanas.

Por último, dos elementos que nunca deben faltar como ambientación en este tipo de representaciones de la época. El primero de ellos, el arbolado y la representación vegetal comedida y pautada, como abanderados de los postulados higienistas de la urbanización y de la naturaleza pensada, proyectada. El segundo, la imagen del ansiado automóvil cuya inclusión otorgará a la escena y a todos los elementos que lo acompañen, el concepto de modernidad. Baste recordar las diversas fotografías de la Villa Stein de Le Corbusier, con el automóvil en primer plano. Este mismo esquema visual comentado se podrá observar también en otras imágenes divulgativas del mismo periodo. Cabe destacar, por su particular parecido, el dibujo panorámico que Ciriaco Orive realizó para ilustrar el grupo especial de viviendas en Llerena (Badajoz) y que ilustra la portada de



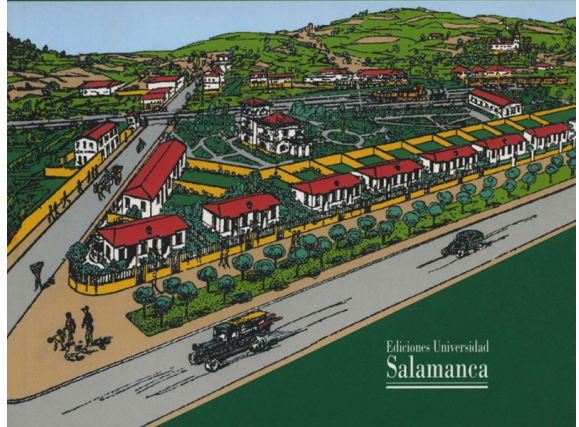


Fig 5. Portada folleto publicitario. (CISA 1930) Fig 6. Dibujo panorámico viviendas en Llerena. C. Orive. (Arias González 2003)

446

Encabezando esta imagen del folleto, se coloca la leyenda: 'COMO PUEDE VD. SER PROPIETARIO pagando un modesto alquiler'. La elección de tal frase como título del folleto ilustrativo se puede entender si nos interesamos por las condiciones en que se encontraba la mayoría de la población llegada a los núcleos urbanos durante el primer tercio de siglo XX. La llegada masiva de obreros a las ciudades en busca de trabajo y la carestía de los precios del alquiler facilitó el hacinamiento y las condiciones insalubres del alojamiento compartido en áticos, cámaras, corralas o incluso 'ciudadelas' en el interior de manzanas. Asimismo, a mediados del siglo XIX, se empezó ya a considerar la tenencia en propiedad como la panacea al problema de la vivienda tal y como inició Víctor Calland con su folleto 'Supresión de los alquileres mediante la elevación de los arrendatarios al derecho de propiedad' en 1857. Esta corriente fue asumida luego por la mayor parte de las Cooperativas de Casas Baratas así como por buena parte de los gobiernos y partidos conservadores cuando estimaban que lo mejor sería 'hacer al obrero propietario de su casa, con lo que se le apartaría del comunismo y de ciertas doctrinas extremas, pues la propiedad produce el espíritu conservador' (Arias González 2003).

En la contraportada se anuncia la empresa constructora ofreciendo referencias de algunas ciudades e instituciones con las que trabaja para la construcción y financiación de otras barriadas como las de Cádiz, Vigo o Sevilla. Antes de llegar a la documentación gráfica se suceden unas 5 páginas de discurso donde se elogia la decisión tomada por las autoridades de la ciudad y se enumeran las grandes ventajas de tipo social, económico y moral que esta actuación tendrá para Cartagena. A continuación se muestra el primer plano que corresponde a una vista general de la ciudad y su ensanche, sin escala expresa, localizando en blanco y negro, las dos grandes zonas que comprende el proyecto. Comparando las manchas grafiadas en negro con la superficie de 'Casco Antiguo', se puede apreciar como la suma de aquéllas podría suponer aproximadamente la superficie total del casco histórico de la ciudad amurallada. (Fig. 7)

Ampliando la información, y siempre de lo general a lo particular, le siguen, en orden lógico dos planos individuales de cada una de las dos zonas, donde se grafió de modo muy sencillo las edificaciones dentro de sus parcelas, indicando la letra del tipo a que corresponde, de la A a la K, en la zona 1 y las restantes L, M, N y O en la zona 2. Estos segundos planos, más detallados que el primero vienen casi descontextualizados a excepción de una mínima porción de las calles adyacentes. El plano correspondiente a la primera zona es fácil de ubicar puesto que conserva la orientación vertical que tiene en el plano general anterior y además, su forma de cuña lo hace perfectamente reconocible. No ocurre así con el plano de la segunda zona, que aparece girado en vertical y debido a su simetría no es suficiente con que aparezca una pequeña porción de las manzanas adyacentes. (Fig. 8)

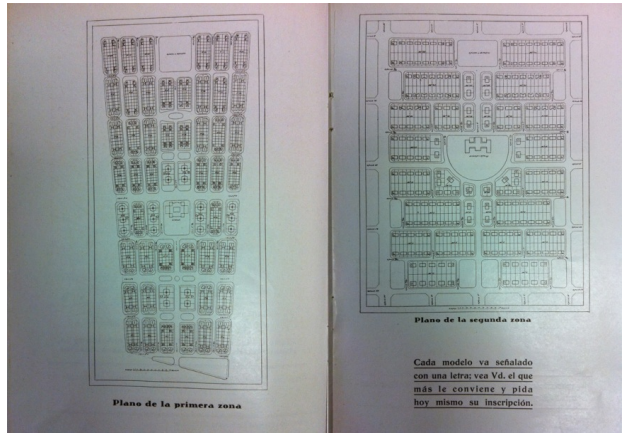


Fig 7. Vista general de la ciudad y su ensanche. (CISA 1930) Fig 8. Planos de localización de viviendas. (CISA 1930)

A esto le sigue ya el completo catálogo de las viviendas, distribuidas por páginas. Las viviendas aparecen como objetos, aisladas del resto en la mayoría de los casos salvo cuando van pareadas. La estructura de las páginas se repite siempre con el siguiente esquema; en la parte superior, fotografía de la maqueta (en vista de $\frac{3}{4}$) con el texto explicativo debajo de cada modelo, incluyendo superficie edificada por planta, programa de necesidades e importe mensual del alquiler. Cada página termina con una frase publicitaria animando al cliente a solicitar la inscripción. Los tipos de vivienda se presentan ordenados desde los más caros (el modelo 'J' con 155 pesetas mensuales) a los más económicos (como el 'M' y 'N' con 41 y 36 ptas/mes), de mayor superficie a menor. El hecho de que ocupen una página cada uno o compartan entre dos depende sólo de la posición que ocupen en la urbanización, aislados, pareados, fin de manzana, etc... (Fig. 9)

Cabe destacar que en el folleto, el programa de cada vivienda venga detallado mediante texto y no exista una distribución por planta de cada uno de los modelos. Podría deberse a una razón económica de ahorro de espacio en el propio folleto o bien a que éste sirva sólo para llamar la atención inicialmente del posible cliente de modo que deba pasar por las oficinas para consultar los planos y ampliar la información gráfica.

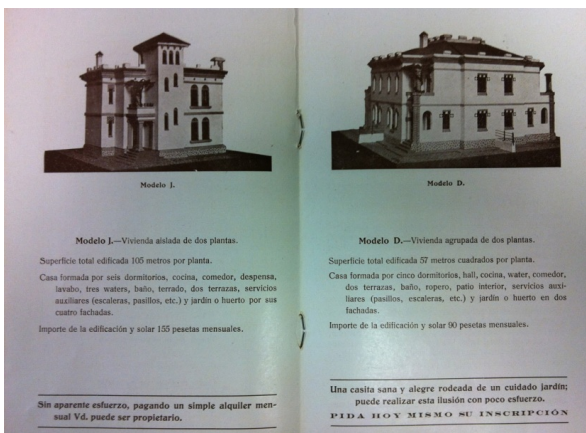


Fig 9. Catálogo de tipos de vivienda. (CISA 1930)

Análisis comparativo de la documentación del tipo 'J'.

Como ya hemos comentado y como se declara expresamente en la Memoria Descriptiva contenida en el proyecto, el tipo de vivienda 'J' era el más importante de la zona 1ª. Esto se dejaba notar no sólo en su superficie y su precio, sino también por su elaborada composición. En planta baja disponía de porche de acceso y la caja de escalera estaba contenida en un torreón. En planta piso presentaba una terracita en esquina con una pérgola de madera apoyada sobre un pilar de ladrillo visto cuya sección giraba con cada hilada hasta parecerse a una 'columna salomónica'. Todo ello junto con los juegos volumétricos de entrantes y salientes, hicieron de este tipo el más significativo de toda la actuación. De hecho, su imagen se reconoce como la más representativa ya que aparece en multitud de representaciones. Además del completo plano a color del proyecto, aparecía también en la portada del folleto publicitario y como cabecera de las cédulas hipotecarias emitidas por el ayuntamiento (Fig. 10). De la observación de tales imágenes extraídas de diferentes documentos y una de las fotografías de la época con la edificación casi terminada, es fácil inferir el gran parecido entre todas ellas y el fiel reflejo que de este tipo se hizo en la obra construida. El diseño se construyó tal cual sin apenas modificaciones salvo el cambio de posición de dos ventanas en la planta superior y la simplificación en un detalle de cornisa.

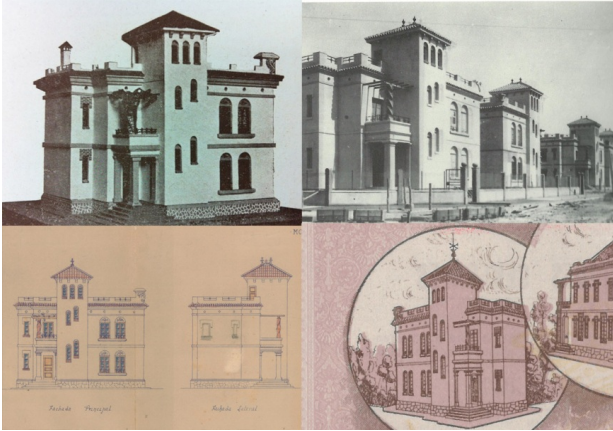


Fig 10. Representaciones modelo 'J'. (CISA 1930)/AGRM Casaú / Majó i Ribas 1928 / Cédula hipotecaria.

5.- Conclusión.

Aunque el contenido general de los proyectos hoy en día siga siendo aproximadamente el mismo, la documentación gráfica aportada ha evolucionado notablemente. Mientras que el proyecto aquí expuesto define las edificaciones a nivel geométrico general, no se dispone de planos de detalles constructivos, estructurales o de instalaciones básicas. Se hace patente entonces cómo la progresiva evolución de la tecnología en arquitectura influye de manera decisiva en el nivel de definición.

Casi un siglo después los métodos de venta poco han cambiado salvo las imágenes de síntesis y los catálogos por internet. Se siguen manteniendo planos de planta, exposición de maquetas y folletos informativos e incluso la colocación de la primera piedra cuando la edificación es bastante singular o la ocasión lo merece.

La documentación gráfica y los modelos impulsaron el interés tanto de las autoridades como de los propietarios por buscar soluciones desde el principio e intentar acabar un proyecto que se dilató en el tiempo hasta quedar inconcluso. Este tipo de iniciativas gráficas contenían un gran poder ilusionante. En ocasiones éste era tal, que se dejaba sentir incluso en los comentarios de prensa que estaban al tanto de cuándo llegarían las maquetas a la ciudad, desde la oficina técnica de CISA en Barcelona. La presencia de las maquetas en casi todos los actos celebrados y las diferentes representaciones gráficas de los modelos de vivienda dejan claro una vez más la importante motivación que supone 'visualizar lo que todavía no es'.

Referencias bibliográficas

Arias González, L. 2003. *El socialismo y la vivienda obrera en España (1926-1939) : (la cooperativa socialista de casas baratas "Pablo Iglesias") / Luis Arias González*, 120 ed. Salamanca, Ediciones Universidad de Salamanca.

Arias González, L. & Pintado Céspedes, C. *Casas Baratas*, 1911. Centenario de la primera ley. Centro de Publicaciones. Secretaría Gral. Técnica. Ministerio de Fomento. 13-11-2011. Madrid. Tipo: Catálogo.

Aznar Acosta, F. *Historia gráfica de Cartagena*.

CISA. *Como puede vd. ser propietario*. 1930. Barcelona, Martí, Marí y C°. Colección privada Lorenzo Ros. Tipo: No editado.

Majó i Ribas, J. *Proyecto de 1500 Casas Baratas para Cartagena*. Colección privada Lorenzo Ros. 1928. Tipo: No editado.

Pérez Rojas, F.J. 1986. *Cartagena 1874-1936* Murcia, Editora Regional de Murcia.

Ros McDonnell, D.M., Romero Saura, F., Universidad, P.d., V. & Departamento, d.U. 2006. *El proyecto de ensanche, reforma y saneamiento de Cartagena: desarrollo y evolución urbana*. 2 v Universidad Politécnica de Valencia.



EL PROTOCOLO DE GRIETAS EN EL ESTUDIO PATOLÓGICO DEL EDIFICIO

Antonio RUIZ-SÁNCHEZ
Daniel MARTÍN VARGAS
Eva LAO GARCÍA

Universidad de Granada.
Departamento de Construcciones Arquitectónicas.

INTRODUCCIÓN

La situación en que se encuentra el sector de la construcción actualmente, y desde hace unos años, está primando las actuaciones de intervención sobre el patrimonio existente, ya sea a través de rehabilitaciones de viviendas o de edificios completos, favoreciendo la renovación del tejido de la ciudad existente.

Esta renovación origina que nos encontremos, cada vez más, procesos edificatorios en los que la existencia de un vecino, medianero o colindante, infliere judicialmente en su desarrollo, debido a una falta de precisión técnica, o por los posibles daños materiales que se pudieran ocasionar.

Lo ideal sería que la intervención o proceso edificatorio planteado no afectara en modo alguno a los inmuebles colindantes, pero en previsión de reclamaciones y demandas posteriores, es necesario documentar el estado físico de estos, detallando las lesiones existentes.

El estudio que se presenta a continuación, trata de establecer los criterios a seguir para documentar de forma exhaustiva las grietas y/o fisuras que se detecten previamente a la ejecución de una obra en las edificaciones colindantes, generándose un Documento Técnico que llamaremos "**Protocolo de Grietas**".

¿Por qué un Documento Técnico y no un Informe Técnico?

Un Documento Técnico es un documento de trabajo en el que no se analizan las causas de la patología existente (en nuestro caso grietas y/o fisuras), ni se constatan las medidas correctoras, simplemente se realiza una descripción de la manifestación de la patología de forma clara y concisa.

Por el contrario, el Informe Técnico recoge la justificación de las causas patológicas. Es un diagnóstico del origen de las grietas y/o fisuras existentes en una edificación, para llegar a dictaminar la necesidad de intervención, concluir y determinar las oportunas recomendaciones finales, e incluso la cuantificación económica de las medidas correctoras que hayan sido propuestas en el mismo. Respecto a la normativa existente, la **UNE 41805 IN (AENOR, 2009)** define tales términos como:

- **Dictamen:** *Opinión y juicio que se emite sobre el estado del edificio, estableciendo la necesidad o no de intervención en el mismo sobre la base de criterios funcionales o de seguridad y de la prognosis de evolución futura.*
- **Diagnóstico:** *Estudio previo a una intervención que consiste en la identificación de lesiones o daños, y de sus causas, la evaluación de la funcionalidad y seguridad de la unidad constructiva en estudio y de la posible evolución de esos daños.*

En base a ello, podemos entender el concepto del Protocolo de Grietas como una parte del Diagnóstico consistente en la identificación de lesiones o daños (grietas y/o fisuras).

OBJETIVOS

El Protocolo de Grietas es un Documento Técnico que se redacta a requerimiento de la Empresa Promotora, la Empresa Constructora o la Comunidad de Propietarios, con anterioridad a la realización de cualquier intervención en un inmueble o parcela, que pueda afectar a los colindantes, puesto que cada vez son más las Compañías de Seguros que exigen la realización de un Protocolo de Grietas, para evitar abonar indemnizaciones por daños originados con anterioridad a la realización de la intervención. A continuación se detalla el objeto, campo de aplicación y finalidad del Protocolo de Grietas:

- El objeto del Protocolo de Grietas es dejar constancia documental de la existencia de grietas y/o fisuras en los edificios y construcciones colindantes anteriores a la actuación que se pretenda ejecutar.
- El campo de aplicación del Protocolo de Grietas es cualquier edificación o construcción que ya se encuentra ejecutada, total o parcialmente, que sea colindante a una obra de nueva ejecución o rehabilitación, integral o no, en el que la intervención pueda afectar a elementos constructivos de los inmuebles colindantes, bien produciéndose una modificación de su estado de equilibrio, bien por tener que modificar, derribar, reformar o reforzar algún elemento constructivo.
- La finalidad del Protocolo de Grietas es evitar que durante la ejecución de la obra, o a su término, se produzcan reclamaciones por deterioros que existían con anterioridad a la misma. De esta forma se pueden diferenciar inequívocamente los daños que realmente puedan ser ocasionados a consecuencia de la

intervención realizada.

CONTENIDO

El Protocolo de Grietas contempla la ubicación exacta de cada una de las grietas y/o fisuras detectadas en las edificaciones colindantes respecto de la obra o actuación a realizar.

Para la redacción de este Documento Técnico es fundamental y necesaria una inspección visual de los inmuebles colindantes, de los paramentos medianeros con la intervención a realizar, así como de sus fachadas, con objeto de verificar su estado global. Para ello, se realiza una inspección de acuerdo con cuatro fases perfectamente definidas:

1. Zonas comunes.
2. Interior del Inmueble (viviendas, oficinas...).
3. Fachadas.
4. Locales.

En todas y cada una de estas cuatro fases se revisarán:

- Elementos estructurales verticales (soportes, pantallas y muros de carga).
- Elementos estructurales horizontales (forjados y vigas).
- Cerramientos y tabiquerías.
- Revestimientos y acabados.

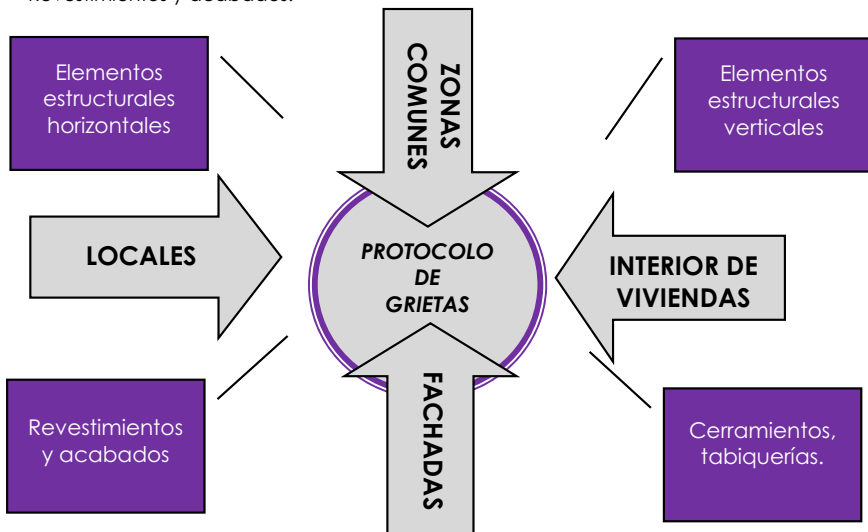


Fig 1. Gráfico: Fases del Protocolo de Grietas. 2012. Elaboración propia.

Al mismo tiempo, se realizará un reportaje fotográfico completo de todas las zonas inspeccionadas en el que quedará constancia documental de la existencia de las grietas y/o fisuras previas a la intervención a realizar.

Los resultados de la inspección visual desarrollada en cada fase se recogerán en **ACTAS** específicas, en las que figurarán, de forma pormenorizada y debidamente protocolizados, en cada uno de los elementos inspeccionados, las grietas y/o fisuras detectadas, el reportaje fotográfico, las observaciones y los comentarios técnicos descriptivos.

¿Qué es una grieta? ¿Qué es una fisura?

Al versar el objeto del Protocolo de Grietas sobre la existencia de grietas y/o fisuras, debemos detenernos a reflexionar sobre lo que técnicamente se entiende por grietas y por fisuras.

Es habitual cuando se pretende delimitar un concepto, recurrir inicialmente a la definición lingüística que de éste proporciona la Real Academia de la Lengua Española. En nuestro caso al realizar la consulta, observamos que ambos términos son utilizados indistintamente en sentido figurado. La definición para dichos términos es la que sigue:

GRIETA: Hendidura alargada que se hace en la tierra o en cualquier cuerpo sólido.

FISURA: Grieta que se produce en un objeto.



A continuación desarrollamos las diferentes concepciones de grieta y fisura que se recogen en la normativa técnica de edificación, conservación, análisis y estudio existente a nivel estatal.

En el Código Técnico de la Edificación (Ministerio de Vivienda, 2006) cada Documento Básico hace una interpretación propia de los términos de grieta y fisura. Pasamos a continuación a detallarlos:

Documento Básico SE : Seguridad Estructural (Ministerio de Vivienda, 2006)

En este Documento Básico se asocia el término fisura a los elementos de hormigón, entendiendo las fisuras como roturas superficiales en la masa del hormigón que conducen a la rotura, en todo su espesor, del elemento estructural. Por el contrario, en el mismo, no se hace mención alguna al término grieta.

En cuanto a la necesidad del Protocolo de Grietas como Documento Técnico, hay que hacer mención expresa de que en este Documento Básico se recoge el Anejo D: Evaluación Estructural de edificios existentes; en el que se especifica claramente, en el apartado sobre recopilación de información, la determinación del estado actual de la edificación colindante mediante la verificación de los daños y anomalías existentes previas al inicio de la construcción.

Documento Básico SE-AE : Seguridad Estructural – Acciones en la Edificación (Ministerio de Vivienda, 2006)

En este Documento Básico no se hace referencia alguna a los términos de fisura y/o grieta.

Documento Básico SE-A : Seguridad estructural – Acero (Ministerio de Vivienda, 2006)

Este Documento Básico plantea el concepto de fisura como la aparición de una rotura superficial que puede desembocar en una rotura completa de un elemento estructural de acero. Hay que destacar que el término de grieta no aparece en toda la redacción de este Documento Básico.

Documento Básico SE-C : Seguridad estructural - Cimientos (Ministerio de Vivienda, 2006)

Este Documento Básico asocia el concepto de fisura a los suelos, considerando los suelos fisurados como suelos fracturados.

El concepto de grieta, igualmente, queda asociado a una rotura del suelo que puede derivarse en una rotura de edificación.

Cabe destacar que este Documento Básico, cuando analiza y dimensiona los elementos de contención denominados "Pantallas" en su apartado 6.3.2.2: Estabilidad; analiza la estabilidad de las edificaciones y servicios próximos, mediante la comprobación de cada una de las fases de ejecución tanto de la pantalla en sí, como de la excavación, verificando que no son lo suficientemente importantes como para hacer peligrar la estabilidad de los edificios colindantes o ser causa de agrietamientos, inclinaciones, etc .

Al hablar en este Documento Básico de los Estados Límite de Servicio, indica que en los elementos de contención deben considerarse al menos, entre otros el Estado Límite producido por los movimientos o deformaciones de la estructura de contención o de sus elementos de sujeción que puedan causar el colapso o afectar a la apariencia o al uso eficiente de las estructuras cercanas o de los servicios próximos.

Los desplazamientos admisibles de las estructuras o servicios próximos ajenos a la obra, deben definirse en función de sus características y estado, debiendo preverse en el proyecto las medidas a adoptar en caso de que estos valores sean superados.

Documento Básico SE-F: Seguridad estructural – Fabrica (Ministerio de Vivienda, 2006)

Este Documento Básico no hace referencia al término grieta, pero sí al de fisura que es utilizado al hablar de roturas en las fabricas, tanto superficiales como aquellas que afectan a todo su espesor. Las estructuras de fábrica se diseñan para evitar la aparición de fisuras, entre otros requerimientos.

Documento Básico SE-M : Seguridad Estructural – Madera; Documento Básico SI : Seguridad en caso de Incendio; Documento Básico SUA : Seguridad de Utilización y Accesibilidad; Documento Básico HR : Protección frente al Ruido (Ministerio de Vivienda, 2006)

Estos Documentos Básicos no hacen referencia alguna a los términos de fisura y/o grieta.

Documento Básico HE : Ahorro de Energía (Ministerio de Vivienda, 2006)

Este Documento Básico no hace referencia al término de fisura, pero sí al de grieta que es utilizado al hablar de la vigilancia y el mantenimiento de las instalaciones solares térmicas de producción de agua caliente sanitaria; cuando indica la comprobación de la existencia de grietas (roturas de material) en los captadores.

Documento Básico HS: Salubridad (Ministerio de Vivienda, 2006)

Aquí, el Código Técnico de la Edificación hace referencia al término de fisura como algo aceptable en revestimientos, ya que presupone la aparición de fisuras (roturas superficiales) en los mismos como consecuencia del movimiento del soporte sobre el que están aplicados.

El término de grieta igualmente queda asociado a una rotura superficial de un elemento constructivo.

Es por tanto que grietas y fisuras tienen igual consideración en este Documento Básico (roturas superficiales); si bien en algunos aspectos relacionados con la Construcción, confieren a las grietas una mayor dimensión que a las fisuras.

La Instrucción del Hormigón Estructural (EHE-08) (Ministerio de la Presidencia, 2008) no hace distinción aparente entre grietas y fisuras. Esta Normativa Técnica, al hablar de la aptitud al servicio de la estructuras de hormigón armado, transmite la idea de que las estructuras pueden estar fisuradas con roturas superficiales en la masa de hormigón, sin que ello suponga el incumplimiento de su función básica para el uso para la que fue concebida.

La EHE-08 establece unos valores máximos de abertura de fisura (Tabla 5.1.1.2) a partir de los cuales la estructura se considera que no es apta en cuanto a la aptitud al servicio.

Al hablar de los Estados Límite Últimos, la Instrucción informa sobre la peligrosidad de un posible fallo estructural (colapso) si no se controla la fisuración progresiva bajo cargas repetidas.

Es decir, por un lado la Instrucción nos indica que las estructuras pueden estar fisuradas, e incluso establece unos valores límite a las aberturas características de las fisuras, y por otro, nos advierte que una fisuración excesiva y no controlada puede derivar en un fallo estructural.

En el diseño, análisis y cálculo de estructuras de hormigón, las comprobaciones relativas al Estado Límite de Servicio, especialmente el caso que tratamos sobre la fisuración, no se realizan explícitamente, pero según la EHE pueden considerarse satisfechas si el modelo de diseño empleado para el cálculo se orienta con los resultados de un análisis lineal y se cumplen las condiciones para los tirantes establecidas en el Artículo 40°, es decir, se emplea un análisis lineal para el cálculo de la estructura de hormigón.

La EHE al hablar de secciones de hormigón diferencia entre sección bruta, sección neta, sección homogénea y sección fisurada, definiendo la sección fisurada como la formada por la zona comprimida del hormigón y las áreas de las armaduras longitudinales, tanto activas adherentes como pasivas, multiplicadas por el correspondiente coeficiente de equivalencia; es decir, la sección fisurada considera solo la parte del hormigón que trabaja mecánicamente (sección comprimida por encima de la fibra neutra) y las áreas de las armaduras de acero incluidas en el seno de la masa de hormigón.

Otro concepto a tener en cuenta en cuanto a cómo afectan las fisuras a las estructuras de hormigón armado, es el comportamiento lineal o no de una estructura. Según la EHE la no linealidad del comportamiento de estructuras de hormigón procede fundamentalmente de la fisuración del hormigón y la plastificación del acero, es decir, en estructuras fisuradas no se cumple la Ley de Hooke.

Por otro lado la EHE, al hablar de armaduras de acero para el hormigón, da a entender el concepto de fisura como una rotura superficial en las armaduras que no llega a producir una rotura total de las mismas.

En cuanto al término grieta, aparece sólo en la EHE al hablar de aceros y lo asocia a una rotura superficial en las armaduras de acero para el hormigón, es decir, no hace distinción aparente entre fisuras y grietas.

Por otro lado, y dentro de la normativa de edificación, tenemos la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02) (Ministerio de Fomento, 2002), en la que se hace alusión al término fisura al hablar de la sección fisurada de hormigón. Por el contrario el término grieta no aparece reflejado en todo el texto.

En la Instrucción de Acero Estructural (EAE) (Ministerio de la Presidencia, 2011), al igual que en la EHE-08, no se hace una distinción específica entre fisuras y grietas, igualando ambos términos al concepto de rotura superficial de elementos de acero para estructuras.

La Instrucción de Acero Estructural al hablar de los Estados Límite de Servicio, incluye todas aquellas situaciones de la estructura para las que no se cumplen los requisitos de funcionalidad, de comodidad, de durabilidad o de aspecto requeridos.

A diferencia de la EHE, en la Instrucción de Acero Estructural no se establecen unos valores máximos de abertura de fisura (w_{max}); por el contrario establece las indicaciones necesarias para evitar la aparición de fisuras en los elementos estructurales de acero, ya que al hablar del Estado Límite de Fatiga, considera la aparición de fisuras o principio de fisuración como una posibilidad que podría avocar a un fallo estructural.

En cuanto al término grieta, la Instrucción de Acero Estructural lo recoge al hablar de los sistemas de protección de las estructuras de acero,



concretamente al hablar de las pinturas como elemento de protección ya que se les exige el cumplimiento de la UNE EN ISO 4628-4: agrietamiento (AENOR, 2004).

Respecto a normativa técnica de obligado cumplimiento y referente a cuestiones de Conservación y Mantenimiento, la Comunidad Autónoma de Andalucía dispone de un Manual General y un Manual Particular para el Uso, Mantenimiento y Conservación de edificios destinados a Viviendas (Consejería de Vivienda y Ordenación del Territorio, 2009), donde sí se puede encontrar una diferenciación clara entre fisuras y grietas. De tal forma que define como fisuras las hendiduras longitudinales de poca profundidad y apenas perceptibles, mientras que las grietas son las aberturas longitudinales de anchura y profundidad considerables que aparecen en la superficie de un sólido.

En referencia a la normativa técnica de análisis y estudio, disponemos de la UNE 41805-IN: Diagnóstico de Edificios (AENOR, 2009), en la cual no se establece una definición genérica para los términos de grieta/fisura, pero sí establece definiciones específicas de grieta y fisura según los diferentes sistemas constructivos que se analizan en dicha UNE (estructura, cubierta, fachadas no estructurales, etc.), así pues tenemos las siguientes definiciones:

- **Grietas en las estructuras de fábrica:** Se consideran grietas a las roturas lineales de los muros que afectan a todo su espesor o a gran parte del mismo.
- **Grieta y fisuras en las estructuras de hormigón, estructuras metálicas, fachadas no estructurales, particiones interiores y acabados:** Hendidura alargada que se hace en cualquier cuerpo sólido, rompiendo la continuidad original del mismo por causa de un proceso patológico. Normalmente se aplica el término fisura cuando la abertura de esa discontinuidad es pequeña, grieta cuando ya alcanza un valor mayor. Para algunos autores, la diferenciación entre grieta y fisura reside en que dicha rotura afecte o no a todo el espesor del elemento.
- **Fisuración:** Acción y efecto de fisurar.
- **Fenda:** En estructuras de madera, raja o hendidura, generalmente en la misma dirección de las fibras, que puede ser de heladura, de desecación, de apeo u originada por una rotura transversal interna.
- **Grietas y fisuras en cubiertas:** Rotura del material de cobertura o la discontinuidad en la colocación del mismo.
- **Grietas en fachadas no estructurales:** Roturas lineales de los paños de fachada que afectan a todo su espesor (que la atraviesan).
- **Fisuras en fachadas no estructurales:** Series de roturas lineales que afectan exclusivamente a los acabados superficiales exteriores, tanto continuos como por elementos.
- **Fisuras en particiones y acabados:** Afección al material de acabado.
- **Grietas en particiones y acabados:** Afección al material soporte del paramento (muro o tabique).

Una búsqueda en la Literatura Científica nacional no nos arroja artículos o textos científicos cuyo objeto sea la diferenciación entre grietas y fisuras, sino que es una referencia transversal. Los textos analizados versan la diferenciación entre fisuras y grietas respecto al ancho de la fisura (*Mas-Guindal, 1996*), al espesor (*Monjo, 2007*) o su grosor (*Aymat, 2000*).

De toda la bibliografía analizada podemos llegar a la conclusión de que no existe una diferenciación clara para los conceptos de grieta y de fisura. Si bien es cierto que la documentación técnica consultada asocia ambos términos a la rotura de un material.

CONCLUSIONES

Discutida la necesidad de la redacción de un Protocolo de Grietas como primera etapa del estudio completo de un edificio para una posible intervención, y una vez analizado el concepto técnico en la literatura científica de los términos "grieta y fisura", pasamos a detallar cada uno de los apartados que componen las **ACTAS** que se recogen el Protocolo de Grietas.

Las **ACTAS** como trabajo de campo, son empleadas para registrar la localización de las grietas y/o fisuras detectadas durante la inspección visual de las edificaciones colindantes.

Por lo general las ACTAS se componen principalmente de:

- I. Identificación del edificio objeto del Protocolo de Grietas.
Conlleva la identificación, la ubicación y su Referencia Catastral.
- II. Fecha de la Inspección.
Las Actas deberán incluir la fecha en la que se realizaron las correspondientes inspecciones, tomas de datos y fotografías.
- III. Plano de situación del Inmueble colindante.
En él se indicará la localización del inmueble objeto del Protocolo de Grietas, y la situación del inmueble en el que se va a ejecutar la intervención respecto del inmueble objeto del Protocolo de Grietas.
- IV. Croquis de planta de la vivienda, estancia, zonas comunes y locales. Croquis de fachada del inmueble colindante a la intervención.

Se realizará un croquis por vivienda o estancia, zonas comunes, y locales comerciales; o por fachada de edificio colindante a la intervención, donde se indicarán y numerarán las grietas y/o fisuras detectadas en cada elemento inspeccionado.

Como recomendación, en cada croquis se aconseja orientar la estancia según la situación del inmueble objeto de la intervención en el caso de viviendas, estancias, zonas comunes y locales comerciales. En el caso de fachadas, se deberá indicar su orientación y la calle a la que pertenece.

En estos croquis se identificará con claridad el tipo de grietas y/o fisuras observadas, su ubicación y su extensión.

V. Descripción general de las grietas y/o fisuras, según la numeración en el Croquis.

Se empleará una descripción gráfica de cada una de las grietas inspeccionadas, aportando como ejemplo las siguientes:

- 1) Ascendentes
- 2) Descendentes
- 3) Ramificadas
- 4) Escalonadas
- 5) A 45 °
- 6) Horizontales
- 7) Verticales

VI. Reportaje fotográfico de cada grieta y/o fisura numerada en el Croquis.

Se tomarán fotografías de todas las grietas y/o fisuras detectadas durante la inspección visual. Para catalogarlas, se recomienda ubicar cada fotografía en el croquis realizado con anterioridad, indicando la fecha de toma de la fotografía, el punto desde el cual se han tomado, la altura del objetivo, la distancia hasta la grieta y/o fisura, así como el ángulo de inclinación horizontal y vertical aproximado.

Para facilitar la lectura de las grietas y/o fisuras, y aproximar el tamaño de las mismas, se aconseja tomar una escala gráfica o elemento de referencia, del cual hay que dejar constancia en el ACTA.

VII. Equipo que realizó la inspección.

Se identificará el técnico o técnicos que han realizado las labores de inspección, toma de datos y fotografías que firmarán las correspondientes Actas del Protocolo.

Como ejemplo se aportan dos tipos de ACTAS que pueden facilitar el trabajo del Técnico que desarrolle el Protocolo de Grietas (ver ANEXO I y II).

Los formatos de ACTAS presentadas son orientativos. Cada Técnico personalizará el ACTA que mejor se acomode al Protocolo de Grietas que pretenda realizar.

Para dar mayor respaldo jurídico al Protocolo de Grietas, las ACTAS emitidas tras la inspección se presentarán ante Notario para que, una vez cumplido el trámite pertinente, éste levante ACTA de NOTORIEDAD.

ANEXOS



IDENTIFICACIÓN DEL INMUEBLE OBJETO DEL PROTOCOLO
ANEXO I. VIVIENDAS, ZONAS COMUNES Y LOCALES COMERCIALES:
NOMBRE DE CALLE Y NÚMERO DEL EDIFICIO COLINDANTE/Nº DE PLANTA Y VIVIENDA

- REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE
- PETICIONARIO

PLANO DE SITUACIÓN DEL INMUEBLE COLINDANTE

FECHA DE LA INSPECCIÓN
NOMBRE Y FIRMA DEL TÉCNICO

CROQUIS DE PLANTA DE LA VIVIENDA, ESTANCIA, ZONA COMÚN O LOCAL.

Recomendaciones:

- 1.- Numeración de las grietas.
- 2.- Orientación de la habitación.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS GRIETAS Y/O FISURAS SEGÚN LA NUMERACIÓN INDICADA EN EL CROQUIS.

- 1- ASCENDENTES
- 2- DESCENDENTES
- 3- RAMIFICADAS
- 4- ESCALONADAS
- 5- A 45 GRADOS
- 6- HORIZONTALES
- 7- VERTICALES

REPORTAJE FOTOGRÁFICO DE CADA GRIETA Y/O FISURA NUMERADA EN EL CROQUIS DE PLANTA.

Recomendaciones:

- 1.- Ubicación visual de las fotografías tomadas, indicando el punto desde el que se toman.
- 2.- Escala gráfica aproximada o elemento de referencia para orientar el tamaño de la grieta.
- 3.- Fecha de toma de la fotografía.

Fig 2. Gráfico: Anexo I Viviendas, zonas comunes y locales comerciales. 2012. Elaboración propia.

IDENTIFICACIÓN DEL INMUEBLE OBJETO DEL PROTOCOLO

ANEXO II. FACHADAS

NOMBRE DE CALLE Y NÚMERO DEL EDIFICIO COLINDANTE

• REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE

• PETICIONARIO

PLANO DE SITUACIÓN DEL INMUEBLE COLINDANTE

FECHA DE LA INSPECCIÓN

NOMBRE Y FIRMA DEL TÉCNICO

CROQUIS DE FACHADA.

Recomendaciones:

1.- Numeración de las grietas.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS GRIETAS SEGÚN NUMERACIÓN EN CROQUIS DE FACHADA.

- 1- ASCENDENTES
- 2- DESCENDENTES
- 3- RAMIFICADAS
- 4- ESCALONADAS
- 5- A 45 GRADOS
- 6- HORIZONTALES
- 7- VERTICALES

REPORTAJE FOTOGRÁFICO DE LA FACHADA.

Recomendaciones:

- 1.- Numeración de las grietas
- 2.- Ubicación visual de las fotografías tomadas, indicando el punto desde el cual se toman.
- 3.- Escala gráfica aproximada o elemento de referencia para orientar el tamaño de la grieta.
- 4.- Fotografía tomada lo más perpendicular posible a la misma o ángulo aproximado desde la que se toma.
- 5.- Fecha de toma de la fotografía.

Fig 3. Gráfico: Anexo II Fachadas. 2012. Elaboración propia.



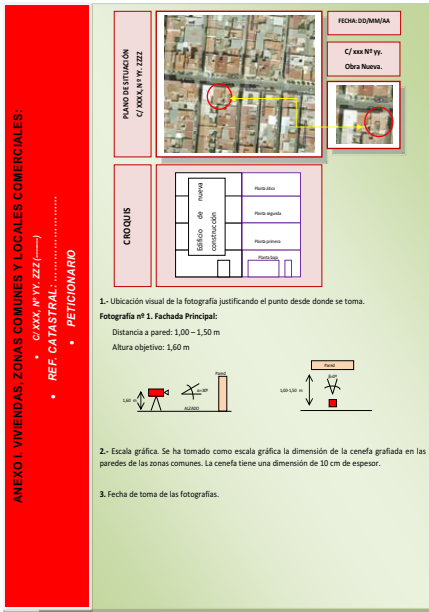


Fig 4. Anexo I, Parte 1: Viviendas, zonas comunes y locales comerciales. 2012. Elaboración propia.



Fig 5. Anexo I Parte 2: Viviendas, zonas comunes y locales comerciales. 2012. Elaboración propia.

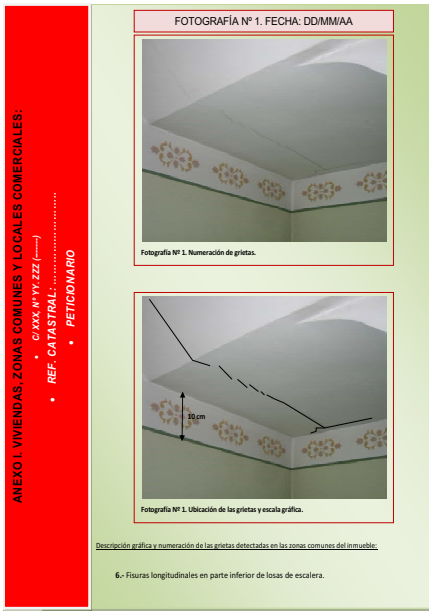


Fig 6. Anexo I, Parte 3: Viviendas, zonas comunes y locales comerciales. 2012. Elaboración propia.

ANEXO II. FACHADAS
 C/ XXX, N° Y, ZZZ (---)
 REF. CATASTRAL:
 • PEÑISCOMAR

PLANO DE SITUACIÓN
 C/ Anexo IP Y, ZZZ

FECHA: DD/MM/AA
 C/ sea N° y.
 Obra Nueva.

GRUPOS DE FACHADA CON IDENTIFICACIÓN DE GREÑAS Y FISURAS

FOTOGRAFÍA N° 1. FACHADA PRINCIPAL
 Fecha: DD/MM/AA

Fig 7. Anexo II, Parte 1: Fachadas. 2012. Elaboración propia.

ANEXO II. FACHADAS
 C/ XXX, N° Y, ZZZ (---)
 REF. CATASTRAL:
 • PEÑISCOMAR

1.- Ubicación visual de la fotografía justificando el punto desde donde se toma.

Fotografía n° 1. Fachada Principal:
 Distancia a Fachada: 6 m
 Altura objeto: 1,60 m

2.- Escala gráfica. Se ha tomado como escala gráfica la dimensión de los cuarterones grafados en la Fachada del inmueble objeto del Protocolo de Greñas. Los cuarterones tienen una dimensión de 30 x 60 cm.

3.- Fecha de toma de las fotografías:

4.- Descripción gráfica y numeración de las greñas detectadas en la fachada del inmueble:

- Dos fisuras a 45 ° en sentido descendente en pedáneo escalera junto puerta acceso a portal.
- Una fisura a 45 ° sentido descendente bajo losa balcón planta primera izquierda.
- Una fisura vertical entre balcones planta primera.
- Dos fisuras ramificadas a 45 ° bajo losa balcón planta primera derecha, sentido descendente llegando a dintel puerta acceso a portal.
- Una fisura junto puerta acceso a portal, y junto portero electrónico.
- Dos fisuras ramificadas en sentido ascendente a 45 ° sobre dintel balcón planta primera izquierda.
- Fisura a 45 ° sentido descendente en esquina inferior izquierda balcón izquierdo planta segunda.
- Dos fisuras ramificadas a 45 ° en sentido ascendente localizadas en la parte inferior derecha de balcón izquierdo planta segunda.
- Fisura horizontal entre balcones de planta segunda.
- Fisura a 45 ° sentido ascendente en dintel balcón derecho planta primera.
- Tres fisuras ramificadas a 45 ° sentido descendente bajo losa balcón derecho planta segunda.
- Fisura sentido descendente a 45 ° en esquina losa balcón derecho planta segunda.
- Dos fisuras a 45 ° sentido ascendente en dintel balcón derecho planta segunda.
- Fisura horizontal paralela a la canal de lluvia.
- Fisuras generalizadas bajo losas de los balcones.

Nombre del Técnico: XXXXXXXX
 Titulación: XXXXXXXX

FIRMA DEL TÉCNICO

Fig 8. Anexo II, Parte 2: Fachadas. 2012. Elaboración propia.

ANEXO II. FACHADAS
 C/ XXX, N° Y, ZZZ (---)
 REF. CATASTRAL:
 • PEÑISCOMAR

FOTOGRAFÍA N° 2. Fecha: DD/MM/AA

Fotografía n° 2. Numeración de las greñas.

Fotografía n° 2. Escala gráfica y ubicación de las greñas.

Descripción gráfica y numeración de las greñas detectadas en la fachada del inmueble:

- Dos fisuras ramificadas en sentido ascendente a 45 ° sobre dintel balcón planta primera izquierda.
- Dos fisuras ramificadas a 45 ° en sentido ascendente localizadas en la parte inferior derecha de balcón izquierdo planta segunda.
- Fisuras generalizadas bajo las losas de los balcones.

Fig 9. Anexo II, Parte 3: Fachadas. 2012. Elaboración propia.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Aymat, C., 2000, 'Patología y recuperación de fábricas de cajones de tapial', *Cercha*. Nº 54, Abril, pp 75-82.
- Consejería de Vivienda y Ordenación del Territorio, 2009, *Orden de 30 de noviembre de 2009, por la que se aprueban las normas sobre las instrucciones particulares de uso y mantenimiento de los edificios destinados a viviendas y el Manual General para el uso, mantenimiento y conservación de los mismos*, Sevilla.
- Mas-Guindal Lafarga, A., 1996, 'Las grietas en las estructuras de fábrica. Un procedimiento para evaluar la forma de trabajo de éstas' *Informes de la Construcción*, Vol 48, Nº 446, pp 39-49.
- Ministerio de Fomento, 2002, *Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSE-02)*, Madrid.
- Ministerio de la Presidencia, 2008, *Real Decreto 1247/2008 de 18 de julio, por el que se aprueba la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)*, Madrid.
- Ministerio de la Presidencia, 2011, *Real Decreto 751/2011, de 27 de mayo, por el que se aprueba la Instrucción de Acero Estructural (EAE)*, Madrid.
- Ministerio de Vivienda, 2006, *Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación*, Madrid.
- Monjo Carrio, J., 2007, 'Durabilidad vs vulnerabilidad', *Informes de la Construcción*, Vol 59, Nº 507, pp 43-58.
- UNE 41805-IN, 2009/2010, *Diagnóstico*, AENOR, Madrid.
- UNE-EN ISO 4628-4, 2004, *Pinturas y barnices. Evaluación de la degradación de los recubrimientos. Designación de la intensidad, cantidad y tamaño de los tipos más comunes de defectos*, AENOR, Madrid.

BIBLIOGRAFÍA

- AAVV, 1990. *Patología de fachadas urbanas*, Universidad de Valladolid.
- Merchán Gabaldón, F., 1999, *Manual para la Inspección Técnica de Edificios (I.T.E.)*. CIE Inversiones Editoriales-Dossat 2000. Madrid.
- Fathy^ Abi^Elaziz, A. M., 1996, *Inyección de grandes grietas con resina epoxi*. Tesis leída en la Universidad Politécnica de Madrid: ETS Ingeniero de Caminos.
- Gómez Sánchez, F. J., 1997, *Un criterio de rotura en sólidos entallados*. Tesis leída en la Universidad Politécnica de Madrid: ETS Ingeniero de Caminos.
- Lozano Martínez-Luengas, A., Lozano Apolo, J., 1994, *Curso de preparación y presentación de documentos, gráficas, memorias, representaciones técnicas y patentes*. Consultores Técnicos de Construcción. Gijón.
- Pastor Caño, J. I., *Fractura de materiales cerámicos estructurales avanzados*. Tesis leída en la Universidad Complutense de Madrid: Facultad de Ciencias Físicas.
- Muñoz Hidalgo, M., 2012, *Manual de Patología de la Edificación*, Autor-Editor, Sevilla.
- Serrano Alcudía, F., 2005, *Patología de la Edificación. El lenguaje de las grietas*, Fundación Escuela de la Edificación, Madrid.

EL CONOCIMIENTO LA ARQUITECTURA TRADICIONAL DE NUESTROS PUEBLOS A TRAVÉS DE LA EXPRESIÓN GRÁFICA: CONVENIO UJI – AYUNTAMIENTO VISTABELLA, CASTELLÓN

Beatriz SÁEZ RIQUELME
Santa MORRO RUEDA
Manuel CABEZA GONZALEZ

Universidad JAUME I, Castellón
Departamento Ingeniería de Sistemas Industriales y Diseño

ABSTRACT

Teaching through projects, which in first year Building Engineering is based on the Analysis of Traditional Construction, provides an excellent opportunity for graphic subjects (Descriptive Geometry and Graphic Expression I) to offer a more in-depth analysis of the composition and typology of the buildings in our region, Castellón. This paper focuses on research carried out in the town of Vistabella del Maestrazgo.

The theoretical foundations for the concepts explored in these subjects are presented in class, while practical work focuses on activities that will ensure their assimilation. Laboratory sessions offer the chance for a more in-depth use of the technology applied to graphic expression, while a complete and tangible architectural object, a dwelling, is analysed through Directed Projects.

The graphic data provided in this paper and their overall analysis make it possible to speak of a typology of front views, floors and compositions which characterise the buildings of the town assessed in 2010-11, through Directed Project studies.

INTRODUCCIÓN

Mediante un Convenio Marco firmado entre el Ayuntamiento de Vistabella del Maestrazgo y la Universidad Jaume I, en el curso académico 2010-11, los estudiantes de primero de Ingeniería de Edificación, guiados por los profesores de las asignaturas de Expresión Gráfica I y Geometría Descriptiva, en la parte común a todas las asignaturas del curso, denominada Proyectos Dirigidos I, realizaron la toma de datos, las puestas a escala y el análisis funcional de algunas viviendas de esta localidad.

Vistabella es una pequeña población situada al noroeste de la provincia de Castellón, límite con tierras terulenses. Se ubica sobre el macizo del Peñagolosa, rodeado de picos que superan 1000 msnm, lo que le confiere un clima frío, y un entorno accidentado (Cavanilles 1795-1797: 85). Esto hace que el acceso a la población tenga cierta dificultad, lo que ha permitido que trascienda a nuestros días la tipología original de las viviendas construidas en esta población a mitad finales del siglo XIX, principios del XX.

La documentación histórica más cercana a la época estudiada estimaba, en 1873, el número de habitantes en 2156 habitantes, con 339 casas, la mayoría con dos pisos, y en menor medida con 3, de las cuales alrededor del 7% se encontraban inhabitadas y unas pocas habitadas temporalmente (Mundina 1988: 671-676).

OBJETIVOS

La presente comunicación permitirá incrementar el conocimiento técnico que se tiene de Vistabella del Maestrazgo, marcándose como meta primordial la caracterización de su edificación tradicional, formalizada en la consecución del tipo constructivo, referido este a su composición y distribución.

La investigación parte de unas premisas básicas, que se enumeran a continuación y, que están marcadas por los medios disponibles y las necesidades implícitas a un estudio comparativo por muestreo:

El número de edificaciones analizadas es de 17, que coincide con la cantidad de grupos, formados por 3 ó 4 alumnos. La mayoría de los edificios estudiados son viviendas unifamiliares, entre las que se encuentra un palacete, en la C/ Jesús, construido en dos fases, correspondientes a los números 7 y 9, y como construcción de uso no residencial, se ha estudiado un molino de aceite, sito en la C/ Castelló nº 8. Dado el exiguo tamaño de la población, se puede considerar suficiente el número de muestras, no obstante en ocasiones se hace referencia al total de edificaciones que configuran Vistabella.

Las fechas de construcción de estos inmuebles se engloban en la centuria que discurre entre 1887 y 1970. Distinguiendo cuatro períodos: el primero corresponde a construcciones realizadas entre 1887 y 1902, que engloba 6 viviendas; el segundo a las comprendidas entre 1920 y 1925, a la que corresponden 5 entre las que se cuenta un molino y un palacete construido en dos fases; el tercero discurre hacia 1940-1942, durante el que se construyeron 2 de las edificaciones estudiadas; y por último el cuarto período, a que corresponde la vivienda datada en 1970. (Sede Electrónica del Catastro)



Grupo	Dirección	Año ^{ct}	S _{suelo} (m ²)	S _{construida} (m ²)	Plantas
1	C/ Jesús nº7 (Palacete I)	1925*	65	260	V
2	C/ Jesús nº 9 (Palacete II)	1920*	45	180	V
3	C/ Jesús nº 3	1940	32	128	IV
4	C/ Major nº 32	1922	56	168	III
5	C/ Major nº 30	1920	43	172	IV
6	C/ Major nº 7	1901	37	111	IV
7	C/ Raval de Ntra Sra de Loreto nº 26	1933	48	192	IV
8	C/ Sense Cap nº 10	1887	31	93	IV
9	C/ Sense Cap nº 11	1887	46	138	III+1/2
10	C/ Raval de Ntra Sra de Loreto nº 19	1902	56	168	III+1/2
11	C/ Sant Roc nº 1	1920	43	133	III
12	C/ Sant Roc nº 17	1887	33	99	III
13	Plaza Hospital nº 18	1970	181	528	III
14	C/ Castelló nº 8 (Molino)	1938*	63	528	II+1/2
15	C/ Malcuinat nº 6	1887	41	164	IV
16	Avda Ramón Salvador Celades nº6	1940	31	84	IV
17	C/ Forn Vell nº 7	1901	37	111	I+IV

Tabal 1. Edificaciones analizadas en Vistabella. 2011. Sáez

* Cabe reseñar que las fechas de construcción indicadas en la información catastral no corresponden con la tipología contractiva, en algunos casos de rasgos medievales, por lo que se puede atribuir la fecha catastral al momento de la inscripción en el catastro del inmueble, debiéndose ser datada en fecha anterior a la indicada.

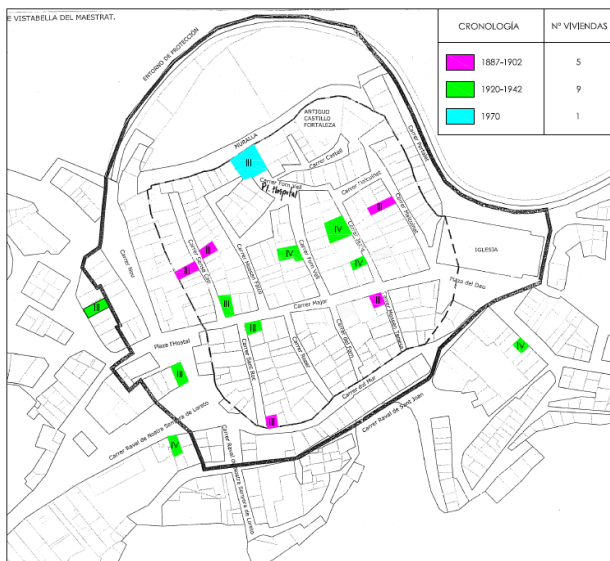


Fig 1. Plano de Vistabella. 2012. Morro

En este punto cabe señalar el incremento de población vivido en la villa desde finales del siglo XVIII hasta principios del XX, que coincide con las construcciones estudiadas, más antiguas, y que va descendiendo y estabilizándose en la tercera parte a finales de este siglo. Desde esta fecha la demografía ha ido descendiendo, pero ya lentamente, hacia los 450 habitantes (Lacarra et al 1995: 266).

El material gráfico utilizado para este análisis ha sido realizado aplicando la metodología de Docencia por Proyectos, que en primer curso se denomina "Estudio Arquitectónico de la Construcción Tradicional", en la que la implicación de los profesores se establece a través de la tutorización del trabajo autónomo de los alumnos (Universitat Jaume I 2008). Mientras que el análisis conjunto de la documentación recae en aquellos profesores que por su vinculación a temas patrimoniales, lo encuentran interesante.

La documentación gráfica recabada durante el curso 2010-11 comprende croquis y puestas a escala de todas las plantas de las edificaciones estudiadas, sus alzados, secciones por diferentes puntos considerados de interés y volumetrías completas y/o seccionadas, según la necesidad de definición y complejidad de la entidad a ilustrar. Así mismo, se cuenta con un amplio dossier fotográfico debidamente catalogado y ordenado.

La toma de datos es realizada por alumnos de primer curso, lo que añade una dificultad adicional a esta tarea y conlleva a asumir cierto nivel de error. Para la mayoría supone un reto, puesto que es la primera vez que se enfrentan a un ejercicio de estas características, por lo que es imprescindible marcar desde el principio una metodología (Cabeza et al 2010: 517-521), y realizar un seguimiento del proceso, in situ, por parte del profesorado.

Metodología en la toma de datos

En primer lugar hay que considerar la adecuación del instrumental utilizado, teniendo presente que siempre es conveniente el uso combinado de diferentes sistemas, frente al uso exclusivo de uno solo, que disminuye el índice de error (ALMAGRO, 2004: 31-32). En este caso, las escasas dimensiones de los habitáculos a acotar desaconsejaban la utilización de cualquier tipo de estación, reduciéndose el instrumental a distanciómetros láser y flexómetros convencionales.

La irregularidad de los espacios ligada a la construcción tradicional, requiere la toma de medidas por trilateración (ALMAGRO, 2004: 43). Por otro lado la necesidad de que esta sea lo más completa posible, dada la complejidad de volver a comprobarlas en un período relativamente corto (se realizan 4 visitas durante el curso), hace necesaria la toma de medidas, lineal o parcial, a las que se añade la total, tomada de manera independiente, y a la comprobación de las mismas realizada en orden inverso.

Metodología de representación

Antes de la consecución de los croquis y de las puestas a escala, es necesario familiarizar a los alumnos con los criterios de representación gráficos arquitectónicos. Esto se realiza desde las clases teóricas de la asignatura de expresión gráfica, y se aplica previamente en ejercicios de clase (parte práctica).

Básicamente se distinguen varios grosores de líneas, que permiten discernir entre la representación de elementos seccionados, proyectados, ocultos, carpintería y líneas auxiliares. Varios tipos de líneas: continuas, ocultas, de simetría y de corte. También se considera la apropiada colocación de las vistas y de las líneas indicativas de las secciones realizadas, así como de las cotas (Saéz et al 2009).

CONTENIDO

A continuación se presenta de manera pormenorizada el análisis de cada uno de los aspectos compositivos de las viviendas seleccionadas. La exposición se realiza desde el conjunto global conformado por todas las construcciones del núcleo de la población, descendiendo a la morfología externa de las mismas y finalmente su configuración interior.

Análisis de la trama urbana

La edificación se distribuye a lo largo de un eje que discurre de Este a Oeste, enlazando la Plaza del Dau (en la que se localiza la iglesia) y la de l'Hostal. Perpendicular a este viario principal y a ambos lados, se disponen los secundarios, siguiendo la pendiente del terreno. Es decir se configura según el esquema básico de espina de pez.

La agrupación de las viviendas se produce en manzanas cerradas, siendo estas irregulares tanto en tamaño como en número de inmuebles. Esta configuración urbanística, favorece por un lado la evacuación del agua de lluvia y por otro el soleamiento, tan importante en una población de climatología tan fría. La mayoría de las fachadas recaen al Este o al Oeste, y sólo unas pocas a sur y menos aún al norte.

Análisis de la parcela

La marcada irregularidad de las manzanas y del terreno, imprime esta misma característica en las parcelas. Sin embargo se puede establecer que la morfología de parcela es básicamente rectangular, pudiéndose fijar que existe un ancho de fachada que oscila alrededor de los 5 m y una profundidad que varía en torno a los 10m.

La mayoría de parcelas tiene una superficie de suelo que varía entre 31 y 63 m², siendo lo normal que oscilen alrededor de los cuarenta metros cuadrados de media.

La suma de niveles horizontales que conforman cada una de estas viviendas, permite alcanzar superficies construidas que comprendidas entre casi 100m² y algo menos de 200m². Siendo lo más habitual que las viviendas estén formadas por unos 160m².

Fuera de estos límites se observa el palacete, en la C/ Jesús n°7, que con 65m² de suelo, y que llega a alcanzar 260m² construidos. También llama la atención, de nuevo, el edificio sito en la Plaza l'Hospital n°18, cuya superficie de suelo es de 181m² y la construida de 528m², si bien señalar, que se trata de una construcción nueva, que aúnan varias parcelas.



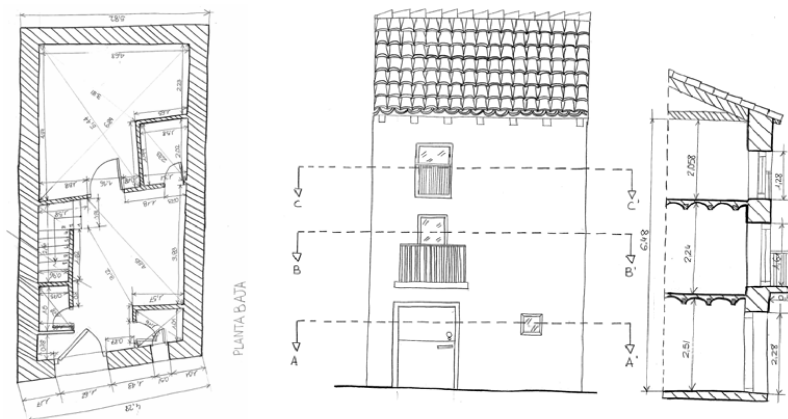


Fig 2.3. Croquis C/ Raval de Nostra Sra de Loreto nº19 Vistabella. 2011. Barreda Marquez, L. (Grupo10)

Análisis de las fachadas

La interrelación entre la trama urbana y la forma de la parcela origina que la mayoría de viviendas dispongan de una única fachada, y tan solo las de las cuatro construcciones de las esquinas de las manzanas, cuenten con dos.

La disposición de huecos en las fachadas se hace de forma asimétrica, existiendo una graduación de los mismos, siendo de mayores dimensiones los de planta baja. De este modo la planta baja suele disponer de una puerta y una ventana, el primer piso de un balcón grande, y la planta superior uno sin vuelo o una ventana. En el caso de disponer de dos fachadas, se observa una clara diferenciación entre la principal, configurada como las anteriores, y fachada secundaria, que corresponde a la vertiente de la cubierta y cuya composición es nula, careciendo en la mayoría de los casos de cualquier tipo de huecos.

Se trata de construcciones sencillas, cuya humildad se refleja en el exterior con la ausencia de elementos decorativos. Los muros están constituidos por mampostería de gran espesor, siendo el tratamiento general a base de revoco y encalado, contándose en escasas ocasiones con sillares reforzando las esquinas o configurando arcos, como ocurre en la vivienda de la C/San Roc nº1 y en la de la C/Mayor nº7, y sin embargo no en el palacete como cabía esperar.

Solo se han detectado dos composiciones de fachada simétrica y en la que la abertura situada a mayor altura disponga de una longitud (si bien no dimensión) superior a las situadas bajo ella, y en una segunda los huecos se suceden de manera creciente en relación directa con su altura. La primera se sitúa en la C/Ramón Salvador Celades nº6, y si bien la construcción está datada en 1940, su fachada es fruto de una intervención reciente. La segunda se encuentra en Plaza l'Hospital nº18, y corresponde a la edificación de 1970.

EJEMPLO FACHADA SIMETRICA

Además se aprecia un caso particular, es la fachada de la vivienda situada a extramuros, en la C/Raval de Nostra Senyora de Loreto nº26, datado en 1933, y cuya composición es totalmente diferente, basada en la imitación de un entramado de madera. No obstante señalar que no se trata de un hecho aislado, sino que existen varios ejemplos, localizados dentro de la zona amurallada.

Análisis de las alturas

Aunque de los datos del muestreo podría deducirse que la altura predominante es de PB+3 (IV), el estudio del plano urbanístico, desvela que la mayoría de viviendas se configuran mediante PB+2 (III), originando alturas de cornisas bastantes continuas en una misma calle. Por el contrario, se aprecian algunas edificaciones con una planta más, y solo en dos construcciones, anexas a la cara exterior oeste de la línea que supuestamente marcaría la antigua muralla.

La altura libre de la planta baja es superior a la de las sucesivas. Las alturas libres se establecen alrededor de los 2,80m en planta baja, y 1,90m en el resto, constituyendo la última planta una zona de altura variable, donde las alturas libres junto al muro de fachada oscilan entre 1,05 y 1,90m, y junto al muro posterior llegan a alcanzar los 3,30m.

Análisis de la composición interior

La distribución interior de las viviendas conduce directamente al concepto de práctico. Son construcciones pensadas especialmente para ser vividas y utilizadas atendiendo a las costumbres y tareas cotidianas de una población principalmente agrícola y ganadera de subsistencia.

Originalmente, las plantas bajas estaban dedicadas al almacenaje de materiales voluminosos y pesados, y en algunos casos a la tenencia de animales de carga, tal y como deduce de la existencia algunos pesebres, en la planta más alta se dejaban airear ciertos embutidos y vegetales comestibles.

Las plantas intermedias estaban destinadas a facilitar la vida a sus propietarios, si se disponía de una sola planta, esta albergaba la zona de día y la de noche, y si tenía dos plantas, la inferior la ocupaba el salón-comedor, la cocina y un baño, y en la superior los dormitorios.

La morfología de las parcelas en planta y las necesidades funcionales planteadas en el interior de las viviendas, origina estancias con escasa o nula ventilación e iluminación. Es decir, solo las estancias recayentes a la fachada principal abren al exterior, estas son la zona de estar y uno de los dormitorios. Esto se repite incluso en las viviendas recayentes a esquinas, en las que se podría haber aumentado el número de estancias con iluminación y ventilación directa abriendo ventanas en la fachada lateral.

La relación entre la composición interna de las viviendas y la configuración de sus fachadas, se puede aseverar que, en ambos casos la respuesta dada tiene un claro matiz funcional. En planta baja es necesario un hueco de acceso cuyas dimensiones permitan el paso de enseres y animales de considerable dimensión. El vano de la planta primera recae sobre la estancia principal de la casa, por lo que es igualmente importante que esta esté bien iluminada y ventilada, en la segunda planta puede reducir su tamaño, ya que recae a un dormitorio. Y finalmente en la zona superior se necesita principalmente ventilación, siendo poco importante la iluminación.

Análisis de las escaleras

Si bien las escaleras forman parte de la configuración general de las viviendas, por la singularidad que le confiere ser el elemento de comunicación entre los diferentes niveles, se ha considerado conveniente estudiarlas de manera independiente.

Una característica que aúna a la mayoría de las analizadas, es la de tratarse de escaleras lineales, la mayoría compensadas en el arranque, el desembarco o en ambos extremos. Se suelen situar anexas al muro medianero de la derecha, y cerradas por tabiquería incluso puertas. Generalmente se sitúa la de un nivel sobre la anterior, teniendo que utilizarse un pasillo o una estancia pasante para retomar el arranque del siguiente tramo.

El uso de escaleras lineales encuentra su justificación nuevamente en la geometría de la parcela: rectangular por norma general. Y la compensación de sus peldaños en la necesidad de incrementar el aprovechamiento de la poca superficie de suelo. Y finalmente están cerradas por imperativos climatológicos. La ubicación de estas a la derecha probablemente responda a la costumbre de girar a la derecha (puesto que mayoritariamente de la población es diestra), este mecanismo de merchandising que aplicado a las grandes superficies comerciales, resulta tan novedoso, parece ser que en Vistabella era utilizado de manera natural en las construcciones de finales del siglo XIX.

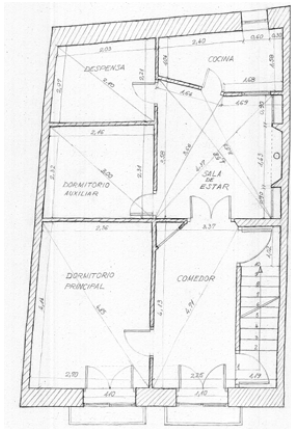


Fig. 4. Planta C/ Sense Cap nº11, Vistabella. 2011. Alumna: Gabrilescu S (Grupo 9)

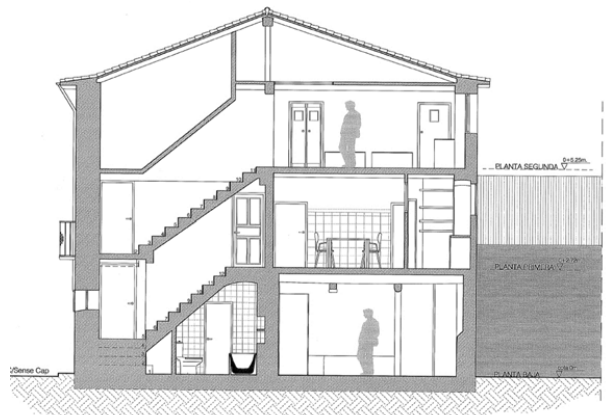


Fig. 5. Sección C/ Sense Cap nº11, Vistabella. 2011. Alumno: Chumillas Mateu, A (Grupo 9)

Existen excepciones, se ha detectado una escalera en L, en la vivienda de la C/ San Roc nº1, y en la C/ Mayor nº32, si bien en este caso solo un tramo es perpendicular al muro medianero. También se han encontrado escaleras de ida y vuelta, cuyos tramos largos son paralelos a la fachada, como ocurre en la C/ Mayor nº7, cuya parcela se aproxima a un cuadrado; y en la C/ San Roc nº17, también de parcela cuadrada vuelve a repetirse el esquema de escalera de ida y vuelta, si bien en este caso se compensan todos sus peldaños. En la Avda Ramón Salvador Celades nº6, cuya parcela la forman dos rectángulos de diferentes dimensiones, se aprovecha esta irregularidad para insertar una escalera cuyo primer tramo es lineal contigua al muro



medianero y después se convierte en una de ida y vuelta, de tramos paralelos a fachada, de difícil lectura por estar sectorizados cada uno de estos, por tabiquerías y puertas.

En este punto cabe destacar la gran variedad de soluciones estructurales poco ortodoxas para resolver el problema del hueco de la escalera tales como el apoyo directo del forjado sobre el tabique de cerramiento de la escalera, o la utilización de viguetas a modo de brochal para delimitar el hueco de la escalera. En todos los casos se trata de escaleras tabicadas, cuyo intradós supone un reto de representación y acotación para el estudiante.

La cronología de las construcciones no es determinante a la hora de elegir el tipo de escalera, si bien destacar, la modificación reciente de la escalera de la C/ Mayor nº7, que deja el primer tramo abierto.

Análisis del palacete

La estructura que se observa del palacete debe ser el resultado de una intervención de 1920-25, que han convertido un palacio de considerables dimensiones en dos viviendas, cuya morfología corresponde con la de cualquier otra vivienda de la época. Esta modificación ha afectado incluso al número de plantas, intercalando forjados en espacios de mayor altura, para crear nuevas estancias, lo que manifiesta en fachada en huecos que no corresponden con la tipología de la fachada original.

Análisis del molino

Aunque la lectura de la fachada poco se diferencia de las de viviendas, en ella se contempla la característica gradación de los huecos, y balcón en la primera planta, si bien su disposición es simétrica, dado que el uso de esta construcción nada tiene que ver con el de vivienda, tampoco tiene relación su distribución interior.

Por la apariencia exterior de su fachada, se diría que sólo alberga tres plantas, sin embargo, se trata de un edificio configurado en tres niveles, constituyendo cada uno de ellos espacios abiertos. Los dos primeros se relacionan mediante una escalera en L, paralela al muro del fondo y el lateral izquierdo, al siguiente nivel se accede mediante una escalera de mano, situada a continuación del tramo anterior.

CONCLUSIONES

El análisis de las volumetrías, croquis y puestas a escala de plantas, alzados y secciones realizados por los alumnos en las asignaturas gráficas del curso 2010-11, mediante la metodología de Docencia por Proyectos, ha permitido establecer unas pautas en la morfología de las construcciones tradicionales de Vistabella del Maestrat.

La fachada tipo la conforman vanos de tamaño decreciente en función de su altura y de composición asimétrica. Las viviendas son unifamiliares, y suelen estar formadas por PB+2 (III), dando lugar a una organización racionalizada de usos en su interior. Se distingue entre fachada principal y secundaria, siendo mínima la decoración en ambos casos, en las segundas suelen carecer incluso de aberturas.

La forma de la parcela determina que solo las estancias recayentes a la fachada principal reciban luz y ventilación directa; en el caso de viviendas en esquina además cabe considerar la influencia que tiene, en este punto, el tratamiento de las fachadas. Además determina la disposición y morfología de las escaleras, que para la parcela tipo, rectangular, suele ser lineal (compensada en sus extremos), paralela al muro de medianero derecho y cerrada.

La funcionalidad se imprime en las viviendas tradicionales de Vistabella, de tal manera que determina tanto su configuración interna (distribución interior) como externa (composición de los huecos de fachada).

Por otro lado, atendiendo a la cronología de las edificaciones, se aprecia que durante las tres primeras etapas no existe diferencia en su morfología interior ni exterior, sin embargo la última supone un cambio en la distribución de usos en las viviendas, de los vanos de fachada y del tratamiento de estas, devenido de las diferentes necesidades que plantea la sociedad actual, en cuanto al uso de la vivienda, medios y gustos estéticos.

Es decir se produce la ruptura con la tradición constructiva y estética, preservada a lo largo de una centuria, a partir del último tercio del siglo XX, originando fachadas de mampostería vista y ventanas con degradación inversa y escaleras abierta, tal y como muestran las viviendas intervenidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almagro Gorbea, A., 2004: *Levantamiento arquitectónico*. Granada: Universidad de Granada.

Cabeza M., Mañez M.J. y Sáez B., Soler A., 2010: Metodologías docentes para los nuevos grados en el área de Expresión Gráfica Arquitectónica. *X Congreso Internacional Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación*. Alicante, 2-4 Diciembre 2010. España.

Cavanilles, A. J., 1795-1797: *Observaciones sobre la Historia Natural, Geografía, Agricultura, población y frutos del reyno de Valencia*. Imprenta Real, Madrid. En Lacarra et al 1995.

Jiménez, A.; Pinto, F., 2003: *Levantamiento y análisis de edificios: tradición y futuro* Sevilla: Universidad de Sevilla.

Lacarra, J.; Sánchez, X.; Jarque, F (1995): *Las observaciones de Cavanilles 200 años después*, Libro I fundación BANCAJA

Sáez, Soler y Mañez, 2009-10: *Apuntes de Expresión Gráfica I para los alumnos de Ingeniería de Edificación de la UJI*. No publicados (Disponible en: <https://aulavirtual.uji.es/course/view.php?id=20203>)

Morro, Sáez, y Soler, 2010-11: *Conocimientos básicos de AutoCAD para los alumnos de Expresión Gráfica I de Ingeniería de Edificación de la UJI*. No publicados (Disponible en: https://aulavirtual.uji.es/file.php/20203/LA-Temas/AutoCad_Manual_CAD-2006.pdf)

Sede Electrónica del Catastro (Disponible en: <https://www1.sedecatastro.gob.es/OVCFrames.aspx?TIPO=CONSULTA>) [acceso 12 mayo 2012]

Universitat Jaume I, 2008: *Memoria del Plan de Estudios de Graduado o Graduada en Ingeniería de Edificación*. Castellón



LAS TROMPAS EN EL MANUSCRITO LLAMADO DE JUAN DE AGUIRRE.

(BNE MSS12744)

Carmen SALMERON AVELLANEDA

Universidad Politécnica de Cartagena.
Departamento de Arquitectura y Tecnología de la Edificación.

INTRODUCCIÓN: GENERALIDADES SOBRE EL MANUSCRITO LLAMADO DE JUAN DE AGUIRRE.

El Manuscrito llamado de Juan de Aguirre MSS 12744 de la Biblioteca Nacional de Madrid, es un cuaderno de arquitectura y construcción. Su fecha precisa y autor, están en la actualidad sometidos a fuertes dudas, aunque probablemente será del siglo XVII. El manuscrito incluye una amplia colección de trazados de cantería, así como otro grupo de dibujos de órdenes clásicos y otros motivos arquitectónicos.

Para trazar las monteas o desarrollos de plantillas para el corte de piedras, se requieren notables conocimientos geométricos y gráficos, en particular acerca de proyecciones y desarrollos, así como la capacidad de aplicar estos saberes a los cortes de piedras. Por tanto, la obtención de plantillas requiere necesariamente un gran control de la geometría del espacio y su representación en planos, constituyendo estos trazados en la época unas herramientas imprescindibles en la construcción pétreo, guardadas muchas veces por sus autores como secretos gremiales, intentando evitar en muchos casos su divulgación y enseñanza.

Podemos considerar la *estereotomía* como el arte y ciencia de dibujar la forma de cada uno de los elementos de una construcción en piedra como las piezas de una trompa, de una bóveda, de un capialzado etc... Será a finales del siglo XVII y en el siglo XVIII cuando esta materia que se conocía como Trazas de Montea o de Cantería en España y Coupe de Pierres en Francia, reciba el nombre de *estereotomía* (o corte de sólidos, del griego stereos o sólido y temno o corte), para dar lugar al nacimiento de la *Geometría Descriptiva* a finales del siglo XVIII.

Durante la Edad Media, estos conocimientos se transmiten oralmente; sólo a partir de los últimos años del siglo XV, y en mucha mayor medida en el XVI y XVII, aparecen tratados y manuscritos que recogen los trazados practicados en estas construcciones.

Como tratados y manuscritos más relevantes encontramos en el siglo XVI, los tratados de Philibert de L'Orme, Alonso de Vandelvira, Ginés Martínez de Aranda, Alonso de guardia, Joseph Gelabert...y en los siglos XVII-XVIII, tenemos los de Mathurin Jousse, François Derand, Fr. L de San Nicolás, Jean Baptiste de la Rue... Muchos de ellos, como Philibert de L'Orme, dotan a sus manuscritos de un fuerte carácter pedagógico, encontrándose reforzada su valía profesional tanto por estos tratados como por la exhibición de virtuosismo de alguna manera caprichoso en algunas piezas analizadas, llegando a considerar que éstos tratados los entenderán personas versadas en la materia, y rechazando dedicar tiempo a las enseñanzas sencillas, pues consideraban que ellos debían dedicarse a las complejidades, así lo expresa Derand (Derand, François, 1643, *L'Architecture des vouûtes*, pp.39, Paris)

Pues los que crean merece la pena leer esta obra serán versados en geometría, o no: si son versados, esto les resultará una cosa aburrida...

Estas construcciones gráficas en general se limitan a la obtención de los despieces con explicaciones paso a paso y trazado gráfico que nos lleva a las plantillas buscadas; son raras las excepciones, en las cuales los tratados y manuscritos no aportan ninguna demostración geométrica o espacial del problema que se pretende resolver con el trazado. Hay que decir también que:

En las obras importantes se realizaban los trazados en los llamados cuartos de la traza, o en sitios apartados como terrazas, últimas tramadas de escalera, coros... (Calvo López, José. 2004. *Estereotomía de la piedra*. pp.117. Máster de restauración del Patrimonio Histórico. COAMU y COAATMU.

Es usual encontrar explicaciones en los manuscritos de cantería de las operaciones, materiales y herramientas de labra que completan los trazados y textos. Sin embargo, en este manuscrito, no se hace mención alguna a la labra de la piedra¹⁷. Las trompas se pueden considerar como un importante elemento arquitectónico que permite desviar las cargas provenientes de muros superiores sobre dos paredes generalmente ortogonales a través de superficies cónicas, en el siglo XVIII se las conocía como bóvedas cónicas.

Las construcciones en piedra, no suelen presentar problemas de resistencia, sin embargo, la estabilidad se considera un aspecto muy importante que depende en gran medida de la estructura y forma del conjunto constructivo. La relación de la estabilidad con la forma de las piezas constructivas, hace que los problemas sean finalmente cuestiones geométricas.

Este arte incluye conocimientos geométricos y gráficos, de proyecciones y desarrollos así como la aplicación de estos a los cortes de piedras.

Su misión reside en la división (despiezo) más económica y conveniente de un determinado elemento en piezas concretas que sean fáciles de cortar y de manejar, dando una geometría tal a las piezas que una vez

¹⁷ Podríamos considerar esto como prueba de que el autor conoce la materia y los problemas geométricos que se plantean, sin que se demuestre con el manuscrito que pretenda realizar otra labor que confeccionar un cuaderno de trabajo sin más intención pedagógica ni interés de transmisión de saberes.

colocadas en obra queden suficientemente trabadas y conectadas suficientemente las unas a las otras para que el conjunto al que pertenecen tenga garantizada la estabilidad y resistencia del elemento constructivo.

Los condicionantes que nos encontramos ante el despiezo, son de distinta índole; en primer lugar, se procurará que las piezas resultantes sean económicas en cuanto a que no se emplee más material ni trabajo que el necesario, y partiendo de piezas relativamente grandes, serán suficientemente pequeñas para acceder a los medios de transporte y elevación que existían en cada momento, en segundo lugar, se deberá atender cuestiones mecánicas de manera que la dirección de las juntas entre dovelas se acerquen al máximo a la perpendicular a las tensiones de compresión.

OBJETIVOS: PRETENSIONES DEL ANÁLISIS DE LAS 8 TROMPAS DEL MANUSCRITO LLAMADO DE JUAN DE AGUIRRE.

La comunicación pretende analizar los trazados de las trompas que contiene el manuscrito, destacando los elementos singulares que se observen en estas trompas. Tras un análisis geométrico riguroso de cada una de las trompas del manuscrito, mediante modelos tridimensionales, y profundizando además en estos problemas con la comparación con otros manuscritos y tratados de cantería de la edad Media, tanto españoles como franceses, se propone avanzar en los interrogantes que plantea el manuscrito, como su datación, su autoría y su finalidad.

Así mismo, pretende mostrar las singularidades que presentan las trompas contenidas en este manuscrito frente a las de otros manuscritos de la época.

Encontramos interesante diferenciar los términos pechina y trompa, por lo que anotamos su significado (Paniagua Soto, José Ramón, 1978, *Vocabulario Básico de Arquitectura*. pp.249 y 323. Editorial Cátedra, Madrid.)¹⁸ :

PECHINA: (Podría ser relativo a pecho por la concha de peregrinos).

Sistema constructivo que permite superponer dos estructuras de diferente trazado geométrico, como el de una cúpula octogonal o circular sobre una base cuadrada formada por cuatro arcos.

TROMPA: Sistema constructivo que permite superponer dos estructuras de diferente trazado geométrico, como el de una cúpula octogonal o circular sobre una base cuadrada, o para achaflanar una esquina, etc.

Ante estas acepciones casi absolutamente iguales, utilizaremos indistintamente un término u otro, aunque en los títulos respetemos el término de pechina utilizado por el autor en el manuscrito.

Las trompas son elementos que tienen un notable tratamiento en la tratadística española sobre cantería, así, vemos cómo Vandelvira comienza su célebre tratado con la traza de 15 pechinas¹⁹ frente a las 8 que se desarrollan en el tratado llamado de Juan de Aguirre (reproducimos en la fig.1 la firma de Juan de Aguirre y una modelización en tres dimensiones de las ocho trompas contenidas en su manuscrito), y los 5 modelos de trompas que estudia Vicente Tosca (Tosca, Thomas Vicente, 1727, *Tratado de la monte y cortes de cantería* ,pp.37,38.Colección Biblioteca Valenciana. Librerías País Valencia).

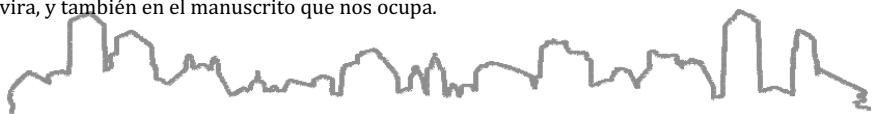


Fig.1. Modelo tridimensional de las ocho trompas contenidas en el manuscrito sobre la firma de Juan de Aguirre: Carpanel. Medio punto. Torre redonda. En viaje despiezada. Torre cavada. En esquina. Torre redonda de Montpellier. Torre Cavada.2012. Elaboración propia- manuscrito MSS 12744.

En el manuscrito que nos ocupa, no se hace alusión alguna al trazado del arco carpanel, limitándose a su trazado. Hernán Ruiz también las recoge en su manuscrito y además hemos de mencionar también la gran aportación de Philibert de L'Orme en Francia, el cual dedica el libro IV de su tratado *L'Architecture* (L'Orme Philibert de. 1561. *Le premier tome de l'Architecture*. Paris) precisamente al estudio de las trompas; no podemos

¹⁸ ISBN 84-376-0134-7.

¹⁹ Así las llama Vandelvira, y también en el manuscrito que nos ocupa.



dejar de nombrar el magnífico tratado de (Derand, François, 1643, *L'Architecture des vouîtes*, Paris),el tratado de (Rue, Jean Baptiste de la, 1727-1738, *Traité de la coupe de pierres*). Así como "Le secret de l'architecture de M. Jousse... y otros que han favorecido la enseñanza y divulgación de estos elementos constructivos.

En general, las trompas, se limitan a la obtención de tres plantillas, las de junta o lechos, las de intradós y las saltarreglas o ángulos.

Para entender lo que se necesita para levantar las plantas de junta y de dovelas reproducimos un fragmento del tratado de (Derand, François, 1643. *L'Architecture des vouîtes*.pp. 211):

...forma de levantar las plantas de junta y dovela, tanto en este tratado como en todos los otros, que conciernen a las trompas, está fundado sobre la composición de ciertos triángulos rectángulos; de los cuales uno de sus lados es la longitud de los plomos, tumbados los bolsos y las juntas de estos sobre el plano de delante de la trompa. El segundo es la longitud comprendida entre el centro de la trompa, y el cruce de estos plomos con la parte de delante del plano; y la tercera es la hipotenusa o subtensor, que cierra el ángulo recto del triángulo, y coincidirán los dos lados precedentes...

Se necesita pues obtener las verdaderas magnitudes de las aristas de las juntas de intradós y de trasdós²⁰, las plantas de testa y por último las "saltarreglas"²¹ o ángulos que forma el plano de testa con el de intradós.

Para las trompas, se deberá obtener, las plantillas de intradós, (las verdaderas magnitudes de las longitudes de las juntas), la cimbría, y las plantillas de lechos, cosa que resuelven con las saltarreglas.

En España, estos elementos, llegan a la edad moderna a través del románico y del gótico, encontrando un declive importante en su uso durante el Renacimiento, provocado por la introducción paulatina de las cúpulas de media naranja ya que en esta época se desarrolla un gusto por un clasicismo vitruviano que dejará a un lado las plantas poligonales, además de considerar complicado el complejo enlace que se establece entre una cúpula de planta circular y las cuatro trompas que la sustentan.²²

En el Barroco sin embargo surge un renovado interés debido al gusto por las plantas poligonales, las torres de planta cuadrada con campanarios octogonales... reflejándose este interés en la tratadística del siglo XVIII, por ejemplo, Vicente Tosca en su libro III de su tratado de "bóvedas cónicas" propone el estudio de 5 modelos de trompas cónicas.

CONTENIDO: LAS 8 TROMPAS DEL MANUSCRITO LLAMADO DE JUAN DE AGUIRRE.

Desarrolla el manuscrito que nos ocupa los trazados de ocho trompas, realizando una exposición de los mismos de forma arbitraria, ya que los tipos de trompas se exponen sin seguir ningún orden establecido. Vandelvira sin embargo, presenta sus trazados comenzando por los de menor dificultad para ir aumentando ésta en los siguientes trazados, cosa que expone expresamente en su tratado (Vandelvira, Alonso de, (1585c.) *Libro de traças de cortes de piedras*.pp.6.v. Título II pechina cuadrada, Madrid):

Porque de grado en grado se ha de ir prosiguiendo de las cosas mas fáciles a las más dificultosas, me pareció comenzar por las pechinas porque entendidas ellas fácilmente se entenderán los arcos y entendidos los arcos será todo más fácil...

PECHINAS CARPANEL, DE MEDIO PUNTO Y EN VIAJE (fig. 2 y fig.3) :

De estas ocho trompas, tres de ellas presentan unos trazados usuales y similares a los de otros autores, no encontrando en ellas singularidades ni en su exposición, ni en el trazado ni en la atención prestada a los mismos dentro del manuscrito, estas son la PECHINA CARPANEL, la PECHINA DE MEDIO PUNTO, y la PECHINA EN VIAJE. Desarrollamos en las fig. 2 y fig. 3 la reproducción de los trazados de estas trompas y una modelización en perspectiva de las mismas, incluyendo el trazado de la obtención por giros de la verdadera magnitud de las aristas de intradós y trasdós como explicación gráfica básica para estos trazados.

²⁰ En general no se trazan porque no se labran con precisión pues quedarán ocultas.

²¹ En la generalidad de los tratados son los datos que se obtienen en último lugar, y vienen representados exclusivamente con una línea que refleja el ángulo buscado con la línea de junta de intradós

²² De aquí que consideremos que estos elementos de transición, tienen una gran importancia, y a pesar de ser considerados sencillos y básicos, tienen una gran casuística, por lo que resultan interesantes de estudiar.

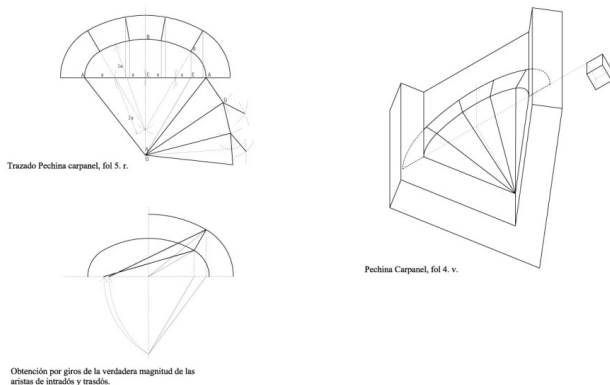


Fig.2. Reproducción trazado y modelo tridimensional pechina carpanel. 2012. Elaboración propia.

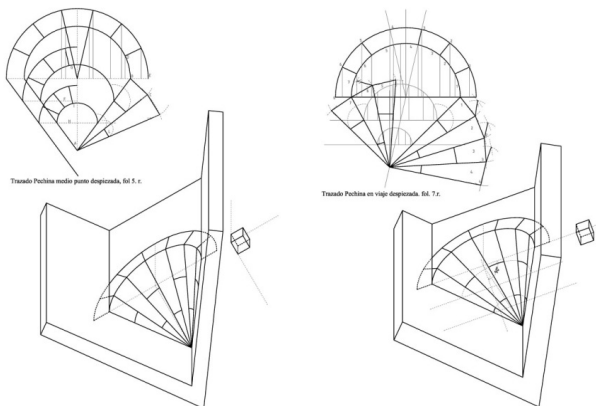


Fig.3. Reproducción y modelo tridimensional de pechina medio punto y pechina en viaje. 2012. Elaboración propia.

Vemos en estas primeras trompas gran similitud con las expuestas por Alonso de Vandelvira, así, en la pechina carpanel se ha comprobado que se utiliza el arco carpanel según el arco de tres centros desarrollado en el Tratado de Vandelvira (Vandelvira, Alonso de, (1585c.) *Libro de traças de cortes de piedras*.pp.8 r), sin embargo, mientras que Vandelvira recoge la importancia de trazar el arco carpanel, instando al dominio de su trazado subiéndolo y bajándolo como se enseña en la capilla oval (Vandelvira, Alonso de, (1585c.) *Libro de traças de cortes de piedras*.pp.7.v.), por otro lado este dominio de subir y bajar el arco, es de lo más interesante, pues dará solución a necesidades concretas, ya que si no existen condicionantes de altura, siempre se podrá hacer una pechina cuadrada de medio punto, en la cual todas las piezas son iguales y su trazado es sumamente sencillo.

En el manuscrito que nos ocupa, no se hace alusión alguna al trazado del arco carpanel, limitándose a su trazado. Hernán Ruiz también las recoge en su manuscrito y además hemos de mencionar también la gran aportación de Philibert de L'Orme en Francia, el cual dedica el libro IV de su tratado *L'Architecture* (L'Orme Philibert de. 1561. *Le premier tome de l'Architecture*. Paris) precisamente al estudio de las trompas; no podemos dejar de nombrar el magnífico tratado de (Derand, François, 1643, *L'Architecture des voûtes*, Paris), el tratado de (Rue, Jean Baptiste de la, 1727-1738, *Traité de la coupe de pierres*). Así como "Le secret de l'architecture de M. Jousse... y otros que han favorecido la enseñanza y divulgación de estos elementos constructivos.

La pechina en viaje aparece en el manuscrito despiezada, lo que nos demuestra que el autor aprovecha la exposición de esta pechina para trazar también su despiezo, que no es otra cosa que cortar las dovelas de la trompa en partes que resulten mas manejables asegurando la traba de las juntas, pero no indica ni la dificultad ni el concepto que puede atribuírsele de trompa oblicua, ya que tal como describe Enrique Rabasa (Rabasa, Enrique,2007, *Guía práctica de la estereotomía de la piedra*.pp. 181. León: Centro de los Oficios):



En la pechina en viaje: el eje de la trompa es igual a la recta que une el vértice del semicono con el centro del arco de embocadura, pero ahora ya no coincide con el eje del semicono, o lo que es lo mismo el arco.

En el manuscrito, ni siquiera para estas trompas básicas se tiene en cuenta un orden que pudiera hacer pensar en una intención didáctica por parte del autor.

No parece tampoco que se haya prestado especial atención a realizar los trazados en una cara y la descripción de pasos para realizarlos en la contigua para facilitar la lectura de los mismos. Las explicaciones de los trazados, una vez los preceden, otras se realizan al pie de los mismos y otras aparecen después de éstos.

Se observa que en varias ocasiones, los textos de descripción de los trazados señalan puntos concretos de los mismos con letras que luego no se corresponden con las de los trazados, e incluso no aparecen en los trazados. Todo esto, nos lleva a pensar que el manuscrito bien pudiera constituir un cuaderno de trabajo del autor, o al menos que este no tenía intención de publicarlo, pues de tratarse de un manuscrito realizado con la intención de divulgarlo, seguro que se habría tenido cuidado en el orden de exposición de los tipos de trompas, en la correspondencia absoluta de los textos con los trazados e incluso en la forma más o menos didáctica de presentación de los mismos.

Son estas trompas elementos básicos por su sencillez geométrica y facilidad de obtención de sus plantillas, las otras cinco trompas restantes, presentan singularidades por distintos motivos: la TROMPA EN ESQUINA, por su sencillez geométrica y la ausencia de texto, las de TORRE REDONDA y TORRE CAVADA por presentar dos trazados para cada una de ellas y sobre todo por el concepto espacial que apunta el texto evitando la descripción usual de pasos gráficos.

SINGULARIDADES: PECHINA EN ESQUINA, Y PECHINAS EN TORRE REDONDA, DE MONTPELLIER Y TORRE CAVADA. (fig.4, fig.5 y fig. 6).

En el manuscrito llamado de Juan de Aguirre, revisten especial interés como hemos apuntado la *Trompa en esquina*, por la sencillez absoluta en la obtención de planos de testa, y las trompas en *torre redonda*, de *Montpellier* y en *torre cavada*, las cuales presenta el manuscrito como un concepto geométrico y espacial, más que como una sucesión de explicaciones paso a paso de los trazados, demostrando un notable dominio de la geometría del espacio.

TROMPA EN ESQUINA. Fig.4

La trompa en esquina es decir, saliente, presenta una solución singular, analizando el trazado y con ausencia de texto, el autor del manuscrito busca una solución bastante razonable y extremadamente sencilla, pues parte de que los planos de testa, que se resuelven de forma inmediata son dos cuartos de círculo; el intradós se resuelve mediante dos cuartos de cono unidos formando sus bases un ángulo recto y quedará una arista en la unión de los mismos que habrá que rebajar en obra²³.

Como en otros ejemplos análogos, sólo es preciso hallar la mitad de las plantillas de intradós y las saltarreglas, aprovechando la simetría de la pieza. Será también importante que no se talle el trasdós con un grosor determinado, para no debilitar su espesor y garantizar la estabilidad y mecánica de la trompa.

Las Trompas en el manuscrito Mss 12744.
PECHINA EN ESQUINA

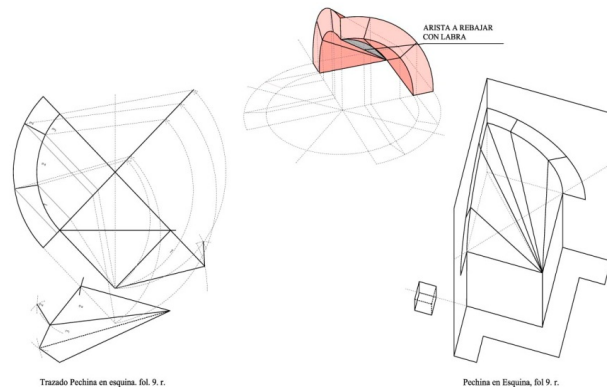


Fig.4 Reproducción y modelado tridimensional de Pechina en esquina. Análisis de arista que queda pendiente de labra. 2012. Elaboración propia.

Esta solución, únicamente la encontramos parecida en Gelabert, aunque éste, para las plantillas de testa proyecta un cuarto de círculo en un paramento y el otro cuarto de círculo en el otro paramento

²³ Estos rebajes eran bastante habituales en la época para hacer casar las piezas.

perpendicular, por tanto al abatir los cuartos de círculo, tendremos elipse por plantillas de testa, por lo que no es exactamente igual a la del manuscrito , (Gelabert, Joseph, 1653, *Verdaderos trazos de l'art de picapedrer*, pp. 112 v, 113 r). Otra diferencia con la trompa en esquina de Gelabert, está en que éste, además de describir el trazado, explica la labra de las piezas, si bien no debió de advertir la necesidad de labrar la arista antes mencionada, pues si que explica la labra de las dos primeras piezas, suficiente para extrapolar este método a todas las piezas, máxime cuando la trompa es simétrica.

Desarrollan trompas en esquina sin presentar grandes singularidades Derand, (Derand, François, 1643, *L'Architecture des voûtes* , pp.229, Paris), M. Jousse (Jousse, Mathurin, 1642, *Le secret de l'Architecture*, pp.98), De l'Orme (L'Orme Philibert de, 1561, *Le premier tome de l'Architecture*, pp.208, Paris).

TROMPAS EN TORRE REDONDA Y TORRE CAVADA

Para las trompas en torre redonda y torre cavada comparamos a continuación la obtención de los planos de testa de las trompas en torre redonda y torre cavada. En el manuscrito que nos ocupa, los dos tipos de trompas en torre redonda, al igual que los de torre cavada se presentan como la intersección bien de dos cilindros o bien de un cilindro y un cono para la obtención de la cimbría.

La mayoría de tratados, explican la obtención de la cimbría de las trompas con la descripción de pasos sucesivos hasta conseguir el plano de cimbría, sin embargo, el concepto de intersección de dos volúmenes aportado en el manuscrito llamado de Juan de Aguirre, resulta singular y revelador seguramente de la datación del manuscrito hacia el siglo XVII. Vemos en Derand, (Derand, François, 1643, *L'Architecture des voûtes* , pp.36, Paris).

Las trompas se forman como la mitad de un cono, o comete, se diferencian en planta de las conchas que son semi-redondas, o en arco rebajado, o peraltado según el lugar lo puede exigir; este de las trompas es en ángulo rectilíneo, curvilíneo, o mixto, según la diversidad de encuentros de edificios donde se emplee...

Pero Derand habla en este punto de la generalidad de las trompas, mientras que en el manuscrito que nos ocupa, la alusión a intersección de cuerpos, solamente se hace es estas trompas de torre redonda y cavada, hasta el extremo de ser la única explicación y texto que acompaña a las últimas trompas trazadas.

Derand, presenta su "trompa redonda por delante y cavada por delante" utilizando un mismo trazado, pues al ser simétricas, utiliza la mitad izquierda del trazado para la trompa redonda por delante y la mitad derecha para la trompa cavada por delante; hace una descripción para el trazado de plantillas similar a la del manuscrito que nos ocupa, pero no se refiere en ningún momento a la intersección de cuerpos. (Derand, François, 1643, *L'Architecture des voûtes* , pp.259, Paris). Para la trompa de Montpellier se refiere a las anteriores para no repetir las las explicaciones que sirven para ambas (Derand, François, 1643, *L'Architecture des voûtes* , pp.268, Paris). M Jousse si desarrolla un trazado para la trompa en torre redonda (Jousse, Mathurin, 1642, *Le secret de l'Architecture*, pp.117) y otro para la trompa en torre cavada (Jousse, Mathurin, 1642, *Le secret de l'Architecture*, pp.120), sin embargo no describe ni realiza trazado para la trompa en torre redonda de piezas iguales y la de Montpellier (Jousse, Mathurin, 1642, *Le secret de l'Architecture*, pp.12 y pp.125).

J.B. de la Rue, desarrolla la trompa de Montpellier anotando (Rue, Jean Baptiste de la, 1738, *Traité de la coupe des pierres*, Paris. Biblioteca de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid).

Esta pieza toma su nombre de una trompa en ángulo en plena cimbra y en torre redonda, construida en la ciudad de Montpellier...

TROMPA EN TORRE CAVADA. Fig. 5

Las plantillas de intradós y de trasdós, las saca de la siguiente manera: se dibuja en planta la línea redonda, el arco de medio punto en alzado y en planta (será una línea). Se divide el semicírculo en 5 partes (impares siempre) con sus 5 puntos medios para así adular el trazado de la cimbría.

Los plomos de intradós y trasdós se llevan a la línea de arranque, y desde ésta que en planta viene a ser la base de la semipirámide redonda (para nosotros hoy semicono) se llevan estos plomos al vértice de la misma.

Tendremos así la proyección horizontal de las dovelas radiales, cuya verdadera magnitud será la longitud de la generatriz de cada arista de dovela, desde el vértice hasta la intersección con la línea redonda (arco de circunferencia o cilindro visto en planta).

Al intersecar con la línea redonda se producen en la pirámide redonda semicírculos que al encontrarse con las aristas de las dovelas en proyección vertical nos darán las alturas para la cimbría (semicírculos paralelos al plano vertical de proyección).

Tomaremos los puntos de corte de la línea redonda con las plantas de las dovelas y los desarrollaremos en la línea horizontal de la cimbría. Así, se obtiene la cimbría, según vemos en nuestro trazado.

Las plantillas de intradós y saltarreglas se obtienen como hemos comentado en otras trompas.

Algunos errores encontrados en este trazado, quizás tengan su explicación en que para el autor tiene mas peso el concepto espacial que queda absolutamente claro con la intersección semipirámide redonda-cilindro, que el propio trazado.

Por otro lado, simplemente razonando esta intersección, entendemos que solamente la dovela central de la cimbría llevará la altura del semicírculo de la base de la semipirámide, y solamente en su punto medio, pues de éste hacia ambos lados, las alturas irán bajando.

Eso se produce porque el cilindro interseca con la semipirámide en su punto medio y a ambos lados de éste, la intersección se produce mas cerca del vértice de la semipirámide, lo cual confirma que las alturas irán



bajando (cuanto mas cerca del vértice de la pirámide menor altura).

Las saltarreglas, se sacan solamente de dos de las dovelas, hay tachaduras y podríamos decir que al menos en el trazado el autor se siente inseguro. También podríamos pensar que escribió los textos después de los trazados, ya que en el texto concluye que "...los cuales no se pueden enseñar por escrito sino es con voz viva..." quizás después de ver la inseguridad de sus trazados.

M. Jousse gusta de señalar la utilidad de la trompa (Jousse, Mathurin, 1642, *Le secret de l'Architecture*, pp.117).

... se llama en Torre cavada, cuando se hace bajo una muralla de figura cavada(cóncava) ...

Las Trompas en el manuscrito Mss 12744. COMPARACIÓN PECHINA TORRE CAVADA

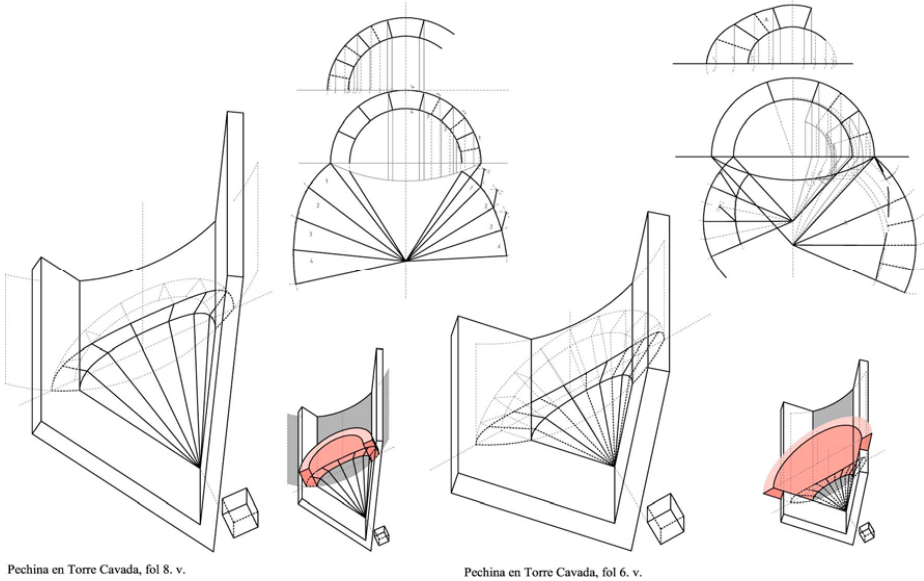


Fig. 5. Reproducción de trazados y modelos tridimensionales de las dos PECHINAS EN TORRE CAVADA.2012. Elaboración propia.

TROMPA EN TORRE REDONDA.

La comparación de estos dos casos, nos demuestra que la intersección con más altura se produce en el eje del semicírculo base de la semipirámide o del cilindro horizontal, por lo que en ambas trompas se conocen de antemano la altura de la cimbría del eje de sus claves, que además es la altura que se dé al semicírculo base. A partir de estos puntos, en la cimbría bajarán las alturas en la obtenida por proyección cónica. y se mantienen las alturas del semicírculo en la trompa obtenida por proyección ortogonal. El resultado es una trompa mas apuntada en la trompa llamada de Montpellier.

M. Jousse detalla que (Jousse, Mathurin, 1642, *Le secret de l'Architecture*, pp.117).

...se llama en Torre redonda, cuando sobre la bóveda se hace un camarín, o cosa parecida de forma redonda...

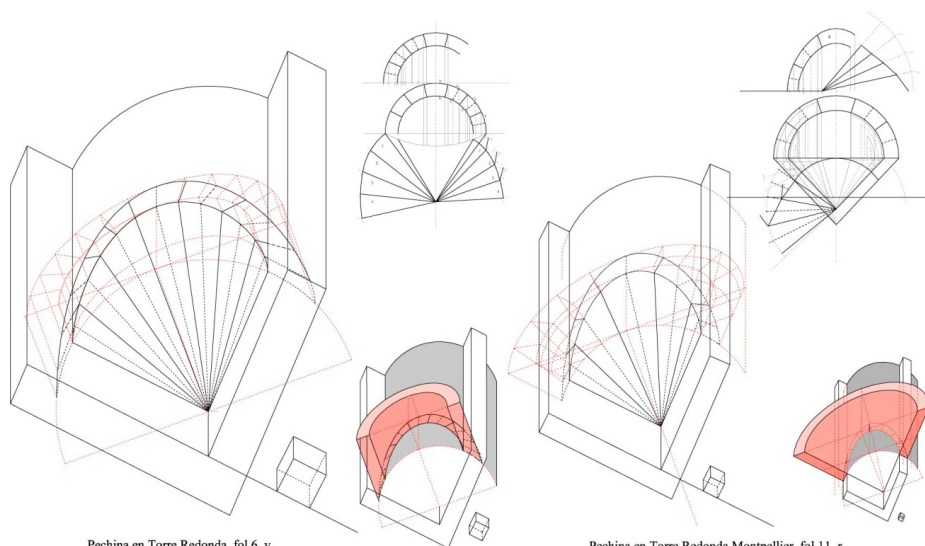


Fig.6. Reproducción de trazados y modelado tridimensional de PECHINAS EN TORRE REDONDA.2012. Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Realizado el análisis mostrado y en especial sobre las singularidades descritas, podemos obtener las siguientes conclusiones:

Respecto al concepto geométrico y espacial de las trompas en torre redonda y cavada, podemos decir que el manuscrito recoge simplemente su resolución mediante la proyección ortogonal de un arco de medio punto sobre una superficie cilíndrica sobre su curva cóncava o convexa en uno de los casos (intersección cilindro-cilindro) y la proyección cónica de un arco de medio punto sobre una superficie sobre su curva cóncava o convexa (intersección semipirámide redonda-cilindro).

La intersección cilindro-cilindro nos permite conocer a priori la flecha y la luz de la cimbría, ya que al ser una proyección ortogonal, serán las mismas del arco que se proyecta; ahora bien, con la intersección cono-cilindro la flecha y la luz de la cimbría serán siempre más pequeñas que las del arco objeto de la proyección cónica. Conocidos estos resultados, se pueden obtener fácilmente las dimensiones de la trompa que se pretende construir.

Respecto a la pechina en esquina, el autor da una solución gráfica sin extenderse en textos, seguramente por considerarla extremadamente sencilla, pero esta solución vemos que encierra en ella misma una labor de labra en obra a ejecutar una vez realizada la trompa. A esta labor de labra que queda pendiente, no se le da importancia alguna, hasta el extremo de no nombrarla siquiera en el manuscrito.

Respecto a la cuestión sobre el tipo de manuscrito, podemos decir que al menos en la presentación de las trompas en el mismo, se observa que el autor no pretende realizar un documento con fines didácticos, sino más bien como un cuaderno de trabajo, ya que no cuida la presentación ordenada, ni con índice, ni buscando facilitar la lectura desarrollando los trazados al lado de sus textos correspondientes...

Nuestras conclusiones derivan del análisis de una parte del manuscrito, no obstante, este análisis forma parte de la contribución a un importante corpus de textos básicos para la historia de la construcción en la península ibérica.

Referencias bibliográficas:

- Barbé -Coquelin de Lisle, Geneviève, 1977, *El tratado de arquitectura de Alonso de Vandelvira*, Edición con introducción, notas, variantes y glosario hispano-francés de arquitectura. Albacete: Caja de Ahorros Provincial de Albacete, , 2 vols.
- Calvo López, José, 2004, *Esteriotomía de la piedra, del Master de Restauración del Patrimonio Histórico*. Murcia: COAMU Y COAATMU,.
- Derand, François,1643, *L'architecture de voûtes*. París. Biblioteca de la Universidad de Madrid.



- Gelabert, Joseph, 1653, *Verdaderes traces de l'art de picapedrer*. Palma de Mallorca: Biblioteca del Consell Insular de Mallorca.
- Jousse, Mathurin, 1642., *Le secret d'architecture découvrant fidèlement les traits géométriques, coupes et déroberments nécessaires dans les bastiments*. La Flèche: Georges Griveau.
- Vandelvira, Alonso de, 1585, *Libro de Traças de cortes de piedras*. Madrid: Biblioteca de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid.
- L'Orme, Philibert de ,1567., *Le premier tome de l'architecture*. Paris: Frédéric Morel.
- Paniagua Soto, José Ramón, 1978, *Vocabulario básico de arquitectura*. Madrid: Ediciones Cátedra.
- Rabasa, Enrique, 2007, *Guía práctica de la estereotomía de la piedra*. León: Centro de los Oficios. AA.VV.
- Rabasa Díaz, Enrique, 2011, *El manuscrito de cantería de Joseph Gelabert*. Col·legi Oficial d'arquitectes de les illes balears. Fundació Juanelo Turriano.
- Rue, Jean Baptiste de la, 1738, *Traité de la coupe des pierres*. Paris. Biblioteca de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid.
- Tosca, Thomas Vicente, 1727, *Tratado de la montea y cortes de cantería*. Colección Biblioteca Valenciana. Librerías País Valencia
- Vandelvira, Alonso de, 1585, *Libro de Traças de cortes de piedras*. Madrid: Biblioteca de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid.

ESCALERAS SUSPENDIDAS DE ARNE JACOBSEN

Albert SAMPER SOSA
Blas HERRERA GÓMEZ

Universitat Rovira i Virgili
Unidad Predepartamental de Arquitectura
Departamento de Ingeniería Informática y Matemáticas

ABSTRACT

This communication analyzes three suspended stairs from the same structural type designed by Arne Jacobsen: Rodovre's Town Hall stair, Royal SAS Hotel' stair and Denmark's National Bank stair. These are essential part of the main lobby access in buildings. These are designed with seven years of difference, have structural and technical progress, keeping the same management rules within the project. We show what gives meaning and form: expression, function, technique, position, relationship with other elements and construction system.

From the little original documentation obtained, we have developed a precise documentation that highlight different elements. With this work, anyone interested in these stairs can get all the information about them, that for different reasons were not available to the public, up to the present article. Thus, we make available public another source of ideas on the art and philosophy of Jacobsen.

INTRODUCCIÓN:

A lo largo de la obra arquitectónica de Arne Jacobsen podemos encontrar tres escaleras colgadas: la escalera del Ayuntamiento de Rodovre en 1954, la escalera del Hotel Royal SAS en 1955 y la escalera del Banco Nacional de Dinamarca en 1961. El estudio de las mismas es importante a causa de la gran influencia de este autor como arquitecto e ingeniero industrial y por ser tres de las primeras escaleras totalmente suspendidas de la historia; sin embargo, no existe documentación pública, suficientemente precisa y técnica, al alcance de cualquier investigador interesado por motivo de la privacidad de uso de estos edificios.

Las primeras escaleras colgadas se remontan a principios del siglo pasado. Arquitectos punteros como Rudolf Schindler o Richard Neutra empezaron a colocar escaleras suspendidas lineales en viviendas unifamiliares. Estos primeros ensayos consistían en suspender por un extremo cada uno de los peldaños y engastarlos por el otro lado. Las escaleras suspendidas empezaron a despuntar en 1935 cuando el arquitecto Frank Lloyd Wright diseñó una escalera lineal colgada en la Casa de la Cascada. El sistema constructivo de esta escalera era parcialmente similar al sistema planteado por Schindler y Neutra, ya que consistía en colgar íntegramente cada uno de los peldaños de tal manera que cada barra atravesara dos peldaños para contrarrestar las vibraciones y el momento de torsión, los detalles más técnicos los podemos ver en la monografía de McCarter (1994).

En los siguientes años, el sistema estructural en este tipo de escaleras se sofisticó. El progreso en la construcción con materiales tan novedosos como el acero permitieron aplicar nuevas fórmulas estructurales en el diseño de las escaleras. Arne Jacobsen fue uno de los primeros arquitectos que planteó colgar completamente toda la escalera gracias a un sistema de zancas dentadas, en el caso de escaleras lineales, y un sistema de chapa de plegada, en el caso de escaleras helicoidales. Posteriormente a la construcción de estas tres escaleras de Jacobsen encontramos varias escaleras que tiene rasgos técnicos y constructivos muy parecidos, confirmando la repercusión que tuvieron sus diseños de esta tipología de escaleras. Entre todas las que podríamos citar destacamos: la escalera lineal del vestíbulo de acceso de la General Motors de Eero Saarinen en 1956, apreciada técnicamente en la monografía Pelkonen (2008), la escalera helicoidal del Pabellón de Canadá en la Exposición Internacional de Bruselas de 1958 del arquitecto Charles Greenberg, y la escalera lineal de la Tienda Joseph de Londres de la arquitecta Eva Jiricna en 1989.

Para abarcar la investigación, la principal fuente de información han sido las revistas de época: Architecture d'aujourd'hui, Informes de la Construcción, Space Design, Edilizia Moderna, COAM Arquitectura, Techniques et Architecture, y entre todas destacar Casabella Continuità de Gentili (1956) y Architectural Record de Stousland (1957). Es en este registro donde se encuentra el mayor número de detalles gráficos, ya sea del proyecto o de las escaleras en particular.



Existe una gran variedad de monografías de Arne Jacobsen. Sin embargo, pocas son del nivel necesario para poder ser consideradas como punto de referencia en la presente investigación. La que más información ofrece, y en la cual se pueden apreciar los detalles más técnicos, es la monografía de Clásicos del Diseño de Arne Jacobsen, Solaguren (1991) y Hoffmann (1970). En cuanto a la abundancia de información que ofrecen las fuentes de Internet, es preciso aclarar que debe ser contrastada y tratada posteriormente para mejorar el enfoque de los conceptos. Buscadores especializados como: Google Scholar, la Biblioteca del COAC, el Catálogo de la UPC o la base de datos de la Royal Institute British Architects, han sido las principales herramientas de indagación por su rigurosidad en la información y su proximidad.

Para poder llevar a cabo el presente trabajo, el cual requiere nuevos puntos de vista, hemos reelaborado todos los documentos originales con la rigurosidad necesaria para poder generar un nuevo documento; y hemos creado nuevos modelos tridimensionales. El documento está dotado de las cualidades oportunas para transmitir los rasgos de estudio. El proceso de reconstrucción se ha hecho mediante la observación de documentos gráficos, ya sean fotografías o planos técnicos. Posteriormente, la informatización se ha realizado a través de programas como el AutoCad, en el caso de hacer una reconstrucción bidimensional, y de Google Sketchup, en el caso de hacer una reconstrucción tridimensional.

El proceso empieza compilando la mejor información posible para disponer de una descripción exhaustiva que permita observar la globalidad del proyecto y afrontar el análisis. Seguimos con un posterior digitalización de calidad de todos los documentos, planos o fotografías. Los nuevos dibujos los hemos delineado guardando fidelidad al original pero con nuevos valores de trazos de dibujo, aportando el valor de línea y las tramas adecuadas para poner de relieve las circunstancias que hemos querido destacar. Finalmente, el nuevo documento tridimensional lo hemos modelado siguiendo estrictamente los planos redibujados; pero, con las eventuales modificaciones que necesariamente se extraen de fotografías reales de los elementos y visitas in situ que exigen hacer las modificaciones oportunas a los planos para ajustarlos a la verdadera construcción.

OBJETIVOS:

Toda la investigación será presentada con extensión y profundidad en futuros artículos (Samper y Herrera 2012); y además, en ellos aclaramos las decisiones que Arne Jacobsen tomó al diseñar las escaleras. En el estudio global las explicamos mediante los espacios y los elementos del edificio que están proyectados entorno a ellas. Tratamos de explicar la intención de cada uno de los gestos de las mimas hasta descubrir todas las capas que conforman el detalle constructivo. Por tanto presentamos una manera nueva e inédita de explicar las tres escaleras suspendidas, de este arquitecto reconocido, situadas en tres vestíbulos formalmente muy distintos. Aquí, en la presente comunicación, presentamos un resumen muy directo que muestra una visión global, resumida y concisa del alcance de la documentación que hemos generado.

Nuestra intención principal es descubrir cada detalle y material de estas escaleras. Hacemos una reconstrucción bidimensional y tridimensional aclarando la poca documentación gráfica histórica, como Sheridan (2003), Solaguren (1991) o Tobias (1964), que no las describe con claridad. Y con todo, mostramos aquello que les da sentido y forma: expresión, función, técnica, posición, relación con otros elementos y sistema constructivo.

CONTENIDO:

ASPECTOS TÉCNICOS DE LA ESCALERA DEL AYUNTAMIENTO DE RODOVRE (1954)

Forma y material:

La escalera del Ayuntamiento de Rodovre es de tipología lineal; está estructuralmente apoyada por un extremo y suspendida por el extremo opuesto mediante tres tensores. El recorrido total de la escalera es de tres plantas de altura. Cada nivel, de altura 3.20 metros, es salvado mediante dos tramos lineales formados por 18 escalones.

Cada tramo lineal tiene una anchura libre de paso de 1.26 metros, equivalente a la anchura de cada peldaño. Cada escalón está formado por tres piezas: un acabado de goma rectangular para evitar que se pueda resbalar al subir o bajar por la escalera, una chapa de acero inoxidable con unos pliegues hacia arriba en su perímetro para evitar que se escape el pie hacia adelante, y unos perfiles metálicos de sección rectangular que van engastados a las zancas laterales y sobre los cuales se apoyan las dos primeras piezas. Hay que destacar que la chapa plegada queda separada 3 centímetros por banda sin contactar directamente con las zancas; así, deja el peldaño aireado y enfatiza el efecto de ligereza.

Las dos zancas quebradas por tramo están recortadas y pintadas de un gris oscuro y realizadas con perfiles tubulares de acero de sección rectangular de 50 milímetros de espesor. Éstas van definiendo el perfil y los límites de todo el conjunto, y sobre ellas se apoyan todos los peldaños, rellanos y barandillas.

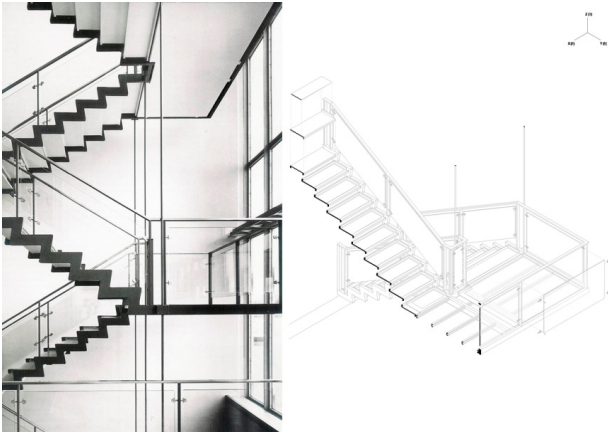


Fig 1. Detalle constructivo en axonométrico y fotografía lateral de la escalera. 1957. Architectural Records, Building types study.

Las barandillas, de altura 90 centímetros, están formadas por un travesaño superior metálico y de sección rectangular, unos montantes verticales en el punto medio de cada tramo y un vidrio. Este vidrio está delimitado por el travesaño superior y los montantes, y se encuentra anclado por cuatro piezas engastadas a los montantes verticales y que resisten a las torsiones.

Los tres tensores, de 24 milímetros de diámetro, están alineados perpendicularmente al final de cada tramo. Dos de ellos en el perímetro y el tercero en el centro, dejando el rellano en voladizo. Arne Jacobsen quiso remarcar la funcionalidad de cada uno de los elementos de la escalera dotándolos de un color; de esta manera los tensores están pintados de color naranja, las zancas de color gris y los acabados generales de color blanco.

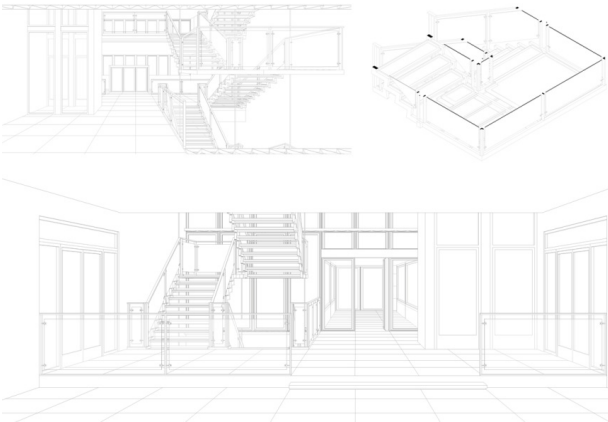


Fig 2. Detalle constructivo en axonométrico y vistas frontales, de la escalera, contrapuestas de la entrada y salida del edificio.

Estructura:

Para entender bien el comportamiento estructural de la escalera, primero se ha de entender el comportamiento estructural de la porción de edificio donde está suspendida. La estructura del edificio se resuelve mediante un sistema de dobles pilares situados en el corredor longitudinal del edificio y que se van repitiendo cada 4 metros. En cada par de pilares se apoya, perpendicularmente al sentido del corredor, una viga de sección variable que va perdiendo momento de inercia al acercarse a la fachada. Perpendicularmente a estas vigas se apoya un forjado de paneles prefabricados.



En la zona del vestíbulo la luz estructural pasa de 4 a 10 metros, liberando este espacio de pilares. Esta excepción en la estructura del edificio hace que las dos vigas que delimitan las paredes del vestíbulo estén arriostradas perpendicularmente por otras vigas de sección rectangular, siendo de una de estas riostras de sección rectangular donde cuelga la escalera.

Como hemos dicho en la sección anterior, la escalera está suspendida por un lateral con tres tensores de 24 milímetros de diámetro que están repartidos linealmente al final de cada tramo, dejando el rellano en voladizo contrarrestando el momento de torsión de todo el sistema estructural. La deformación vertical de cada una de estas barras que terminan en rosca, se puede regular a través de un registro existente en cada uno de los rellanos. En el extremo opuesto, la escalera se engasta en cada nivel a una de las vigas de sección rectangular que rigidizan las vigas principales.

Las zancas laterales que actúan a modo de nervios, se encargan de distribuir todas las tensiones de la escalera a los tensores y a los puntos de engaste. En los tramos inclinados el sistema queda arriostrado horizontalmente por todos los peldaños y en los rellanos, por unos perfiles longitudinales en forma de "C" que están ocultos tras los acabados.

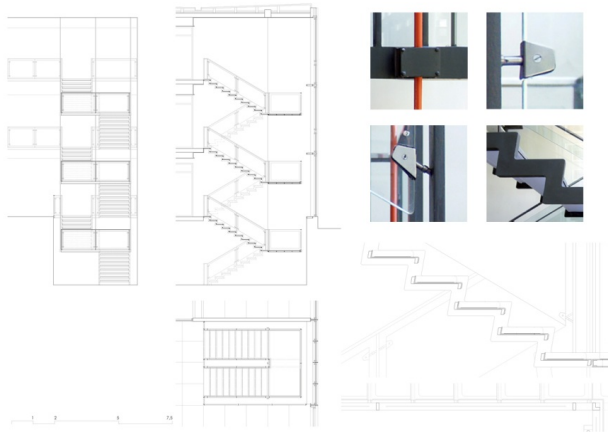


Fig 3. Planta, alzado y sección vertical de la escalera de Rodovre. Fotografías de detalles. 2011. Foto-autor.

ASPECTOS TÉCNICOS DE LA ESCALERA DEL HOTEL ROYAL SAS (1955)

Forma y material:

La escalera del vestíbulo del Hotel Royal SAS es de tipología helicoidal; formada por 32 peldaños salvando una diferencia de cota de 4.88 metros. Este desnivel se completa dejando libre una octava parte del recorrido de una vuelta.

El tramo helicoidal tiene una anchura libre de paso de 1.80 metros, equivalente a la anchura de cada peldaño, y el ojo central tiene un diámetro de 2.40 metros. El conjunto de escalones están formados mediante una lámina metálica de color blanco que va girando ajustándose a la curvatura, un acabado de moqueta antideslizante y unos perfiles biselados en las aristas horizontales para rematar el acabado. La lámina metálica continua está estructuralmente suspendida mediante 16 tensores que se distribuyen circularmente a lo largo del perímetro interior y exterior de la escalera.

Encontramos dos tipos de barandillas: una primera que va siguiendo el recorrido helicoidal en su perímetro exterior y en el ojo de la escalera, y una segunda que tiene un recorrido horizontal y que va volteando el agujero circular que produce la escalera con el suelo del vestíbulo superior. A pesar de sus diferencias geométricas, a nivel formal las podemos describir de la siguiente manera: barandilla de altura 90 centímetros formada por un travesaño superior metálico, de sección rectangular y color gris oscuro, y unos montantes verticales de color blanco que se van repitiendo cada 60°. El espacio que delimita los montantes y los travesaños es completado mediante un vidrio oscurecido que se encuentra anclado por cuatro piezas engastadas a los montantes verticales y que resisten las torsiones. En la zona de la escalera el vidrio sigue una curvatura helicoidal, mientras en la zona superior se ajusta a la curvatura circular.

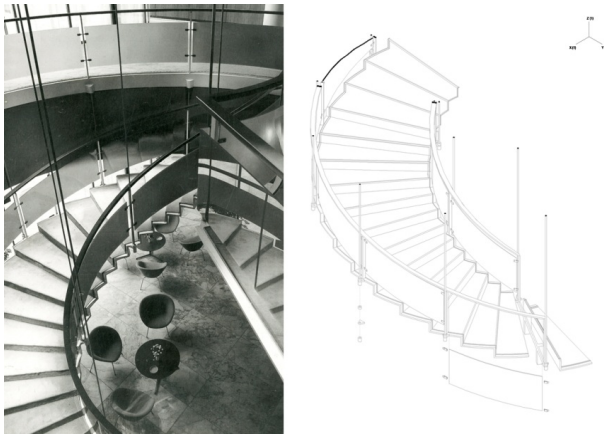


Fig 4. Detalle constructivo en axonométrico y fotografía superior de la escalera. 2003. Room 606, pp.148.

En el perímetro exterior de la escalera encontramos un total de diez tensores, uno cada 30° . Estos tienen diferentes longitudes y van desde la chapa plegada hasta el perímetro interior del agujero del nivel superior. En el ojo de la escalera encontramos seis tensores cada 60° que están alineados en planta con los tensores del exterior, que van desde la chapa plegada hasta el techo del vestíbulo superior.

Así como pasa con las otras escaleras colgadas de Jacobsen, se quiso remarcar la funcionalidad de cada uno de los elementos de la escalera dotándolos de un color; por este motivo, los tensores están pintados de color rojo, la chapa plegada y los montantes verticales de color blanco, y el pasamanos de color gris oscuro.

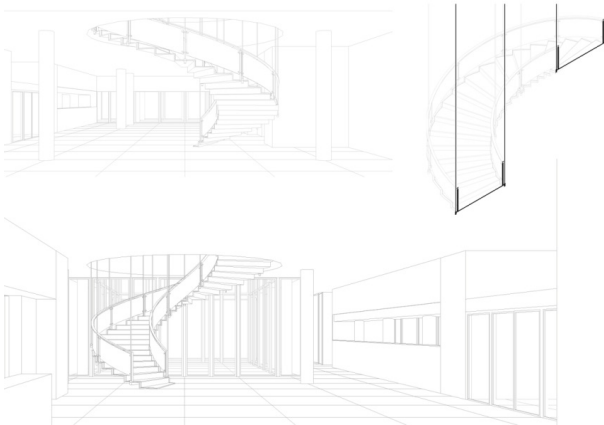


Fig 5. Detalle constructivo en axonométrico y vistas frontales, de la escalera, contrapuestas de la entrada y salida del edificio.

Estructura:

Para entender bien el comportamiento estructural de la escalera, primero se ha de entender el comportamiento estructural de la porción de edificio donde está suspendida. El vestíbulo se define estructuralmente mediante una crujía central de ocho metros de ancho delimitada por dos hileras de pilares separados cada cuatro metros. La escalera se sitúa en medio de esta crujía central y en un extremo del vestíbulo. Su conexión con el nivel superior genera un agujero que relaciona los dos espacios; y, estructuralmente hablando, se remata con un zuncho circular que se conecta de forma monolítica con el resto del forjado.

La escalera está generada por una lámina plegada de acero de dos centímetros de grosor y con 32 pliegues. En esta lámina se descarga el peso de todos los acabados y partes de las barandillas. Todo este sumatorio de cargas se transmite proporcionalmente a los 16 tensores de acero de 24 milímetros de diámetro que distribuyen las tensiones a los forjados del edificio. Como hemos dicho, diez tensores cada 30° , en su perímetro circular



exterior y seis tensores cada 60°, en torno al ojo de la escalera. Cada tensor tiene un longitud diferente debido a que los tensores exteriores van de la lámina de acero hasta el zuncho circular del suelo del vestíbulo superior y los tensores interiores van de la lámina de acero hasta el techo del vestíbulo superior. La deformación vertical de cada una de estas barras, que terminan en rosca, se puede regular a través de cada uno de los conectores.

Se debe considerar que en la parte inferior del segundo peldaño encontramos dos soportes que contactan con el suelo del vestíbulo de acceso para anular las vibraciones al subir o bajar por este elemento de comunicación. Puntualizamos que en 1961 Jacobsen diseñó una escalera lineal totalmente suspendida por ocho tensores en el vestíbulo del Banco Nacional de Dinamarca y en ese caso no existe ningún contacto con el suelo; por lo tanto, mostramos que Arne Jacobsen en cada uno de sus diseños ensaya métodos técnicos que va perfeccionando a lo largo de su trayectoria profesional.

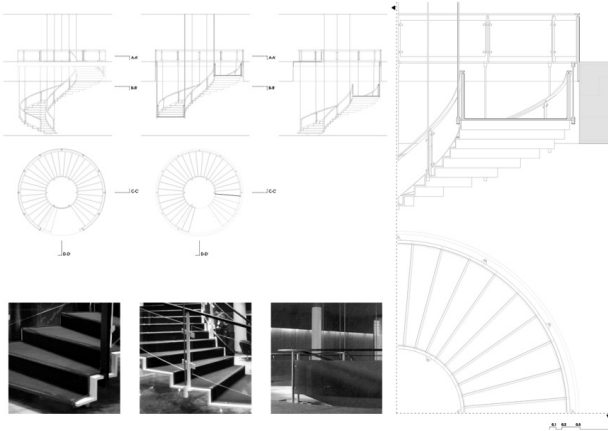


Fig 6. Planta, alzado y sección vertical de la escalera del Hotel SAS. Fotografías de detalles. 2011. Foto-autor.

ASPECTOS TÉCNICOS DE LA ESCALERA DEL BANCO NACIONAL DE DINAMARCA (1961)

Forma y material:

La escalera del Banco Nacional de Dinamarca es de tipología lineal y está estructuralmente suspendida mediante ocho tensores. El recorrido total de la escalera es de cinco plantas de altura. Cada nivel, de altura 3 metros, es salvado mediante dos tramos lineales formados por 18 escalones, excepto la planta baja de altura 2.80 metros que está salvada mediante dos tramos lineales formados por 17 escalones.

Cada tramo lineal tiene una anchura libre de paso de 1.40 metros, equivalente a la anchura de cada peldaño. Cada escalón está formado por las mismas tres piezas que la escalera del ayuntamiento y con la misma estructura. Igualmente, en esta escalera la chapa plegada está separada 3 centímetros sin contacto con las zancas por los mismos motivos y efectos que en la escalera anterior.

Las dos zancas, por tramo, definen el conjunto y en ellas se apoyan los elementos de la misma manera que en la escalera anterior. Igualmente, las barandillas y sus elementos son similares a la escalera del Ayuntamiento.

Los ocho tensores, de 30 milímetros de diámetro, están simétricamente repartidos y alineados perpendicularmente al final de cada tramo. La mitad de ellos en el perímetro y la otra mitad en el centro, dejando los rellanos en voladizo. Deducimos que al menos uno de los cuatro tensores situados en el centro de la escalera es hueco y almacena cableado eléctrico, para dar corriente a los puntos de luz situados en cada rellano. Arne Jacobsen quiso remarcar la funcionalidad de cada uno de los elementos de la escalera dotándolos de un color, de esta manera los tensores están pintados de color rojo, las zancas de color gris y los acabados generales de color blanco.

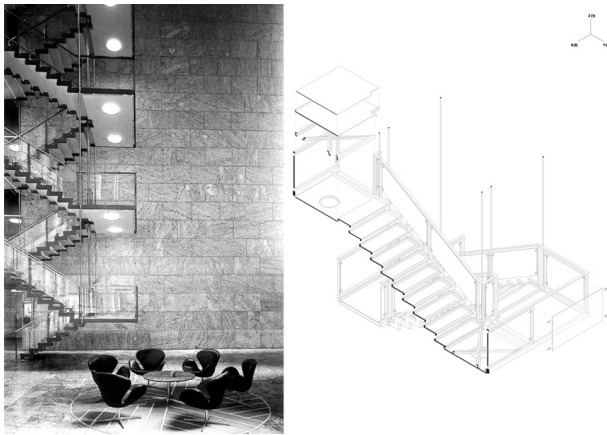


Fig 7. Detalle constructivo en axonométrico y fotografía lateral de la escalera. 1981. Space Design, pp.44.

Estructura:

Igual que en el Ayuntamiento, es necesario entender el comportamiento estructural de la porción de edificio donde la escalera se encuentra suspendida. La estructura del vestíbulo está pautada por seis módulos de fachada que se van encadenando linealmente cada 4.20 metros. En los extremos de cada módulo hay un pilar donde se apoya una viga de canto que cubre, de pared a pared, todo el techo del vestíbulo. Estas vigas tienen diferente longitud debido a la forma trapezoidal de este ámbito. La escalera cuelga de unas vigas secundarias engastadas por ambos lados a las vigas principales. Así, mediante el orden de la fachada, queda justificado tanto la posición como el funcionamiento estructural del acceso y la escalera.

Como hemos dicho en la sección anterior, la escalera está completamente suspendida mediante ocho tensores de 30 milímetros de diámetro. Estas barras de acero están repartidas simétricamente y alineadas al final de cada tramo, dejando los rellanos en voladizo contrarrestando el momento de torsión de todo el sistema estructural. La deformación vertical de cada una de estas barras, que terminan en rosca, se puede regular a través de un registro existente en cada uno de los rellanos.

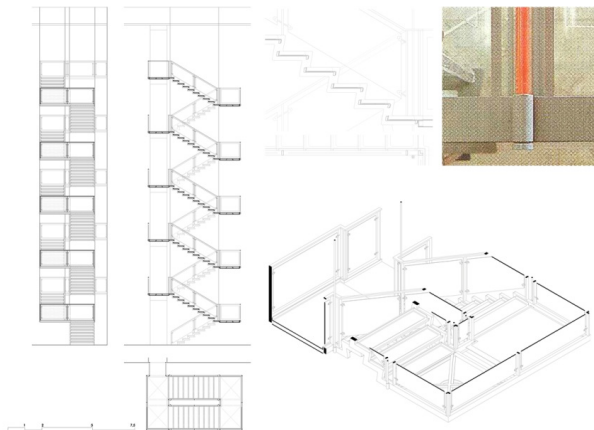


Fig 8. Planta, alzado y sección vertical de la escalera del Hotel SAS. Fotografía de detalles. 2011. Foto-autor.

Las zancas laterales, que actúan a modo de nervios, se encargan de distribuir todas las tensiones de la escalera a las ocho barras. En los tramos inclinados el sistema queda arriostrado horizontalmente por todos los peldaños, y los rellanos toman rigidez con dos cruces de San Andrés formadas con perfiles metálicos en forma de "Z" que quedan ocultas tras los acabados metálicos.

La escalera está separada 75 centímetros del piso al que ha de conectar, esto se resuelve mediante una



pasarela metálica de mínima sección. Esta pasarela queda apoyada por un extremo a los rellanos de la propia escalera y por el otro extremo a los forjados del edificio. Precisamos que este elemento conector no colabora estructuralmente con la escalera.

CONCLUSIONES:

Todo este análisis refleja con fidelidad la documentación original obtenida y la documentación elaborada para destacar y contrastar los diferentes elementos del estudio.

Concluir que;

- Estas tres escaleras que temporalmente se construyeron con siete años de diferencia, se rigen con los mismos trazos constructivos y formales dentro de tres vestíbulos aparentemente distintos.

- A nivel estructural hay un cambio notable ya que la escalera de Rodovre está parcialmente suspendida y la escalera del Hotel Royal SAS y la del Banco Nacional de Dinamarca cuelgan completamente, realzando así las cualidades arquitectónicas de sus vestíbulos correspondientes.

- En los respectivos proyectos donde se localizan estas tres escaleras, existe en la zona de acceso un elemento a modo de marquesina que también está suspendida. Con esto matizar que el diseño de la escalera también repercute a nivel compositivo en el diseño del vestíbulo, y que la decisión de colgar las escaleras se hace en consonancia con otro elemento del mismo espacio, destacando así la dualidad como motivo y orden de proyecto.

- Después de una detallada búsqueda bibliográfica, afirmar que se trata del primer documento de estudio en el que se detalla el análisis funcional, formal y estructural de cada una de las escalera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Gentili, E 1956, Il municipio di Rodovre, *Casabella Continuità*, no. 212, pp. 6-12.

Hoffmann, K 1970, Escaleras de Acero, Editorial Blume, Barcelona

McCarter, R 1994, Fallingwater - Frank Lloyd Wright, Phaidon, Londres.

Pelkonen, E 2008, Eeron Saarinen, Shaping the future, Cs Graphics, Singapore.

Samper, A & Herrera, B 2012, 'Analysis of two suspended staircases of Arne Jacobsen', *Informes de la construcción*, to appear.

Samper, A & Herrera, B 2012, 'Analysis of the first suspended spiral staircase, SAS Royal Hotel of Arne Jacobsen', to appear.

Sheridan, M 2003, ROOM 606, *The SAS House and the Work of Arne Jacobsen*, Phaidon, Londres.

Solaguren, F 1991, *Clásicos del diseño, Jacobsen*, Santa & Cole Ediciones de Diseño S.A, Barcelona.

Stousland, C.E 1957, Danish Craftsmanship Builds a Town Hall, *Architectural Record*, vol 122, no. 70, pp.187-92.

Tobias, F 1964, *Arne Jacobsen*, Verlag Gerd Hatje, Stuttgart.

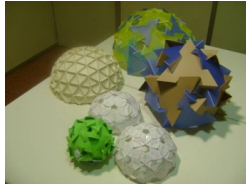
SOBRE UNA APLICACIÓN MODULAR A LA DECONSTRUCCIÓN DE LA ESFERA

Luis SÁNCHEZ-CUENCA LÓPEZ

Dr. Arquitecto.Girona
luis.sanchezcuenca@udg.edu

Se puede llegar a una aproximación a la superficie esférica mediante piezas planas a través de múltiples procedimientos.

Uno de estos procedimientos, probablemente el más sugestivo, es el que desarrolló Buckminster Fuller para sus conocidas cúpulas geodésicas. Se trata de partir de un icosaedro regular inscrito en esa esfera que queremos particionar, para después trocear cada una de sus caras mediante una triangulación que luego se proyecta sobre la propia superficie esférica.



En este caso estas piezas triangulares, que llenan la superficie de la esfera, pueden luego girarse cada una de ellas un cierto ángulo alrededor de un eje que une el centro de la esfera con el centro de la cara (centro que puede ser el baricentro, el ortocentro, el incentro, o incluso cualquier punto con la única condición de que sea interior a la pieza triangular).

Mediante este giro aplicado a cada una de las piezas triangulares, se obtiene una figura que ya no es un poliedro, porque las piezas quedan desconectadas entre sí, con lo que el resultado puede considerarse como una cierta "deconstrucción" de la esfera, o, mejor dicho, una "deconstrucción" de la superficie de la esfera.

Una vez planteado así nuestro objetivo, el caso es que el procedimiento descrito no es de fácil control, por lo que en este artículo se describe un modo alternativo que permite llegar al mismo resultado, pero con un control geométrico mucho más sencillo y que puede realizarse con todo rigor.

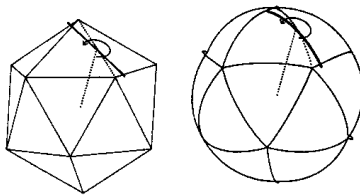


Fig. 1

Se trata de girar no la pieza triangular sino cada una de las tres aristas de esa misma cara (Fig. 1). Este giro se hace alrededor de un eje que une el centro de la esfera con el punto medio de la arista (y ahora sí que debe ser precisamente el punto medio y no otro punto cualquiera de esa arista). Después, uniendo los extremos de esas aristas giradas, volveremos a obtener una cara plana triangular, ahora girada respecto a la cara original.



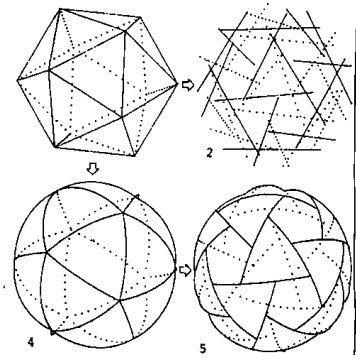


Fig. 2. El giro de las aristas antes y después de convertirse en arcos geodésicos.

El procedimiento ya está así claramente definido, pero presenta todavía algunas dificultades para su control geométrico porque las aristas, una vez giradas, tampoco se cortan en el espacio, por lo que, de nuevo, realizaremos una operación previa que simplifica todo el resultado posterior (Fig. 2).

Esta operación no es más que la proyección sobre la esfera de la arista que queremos girar. Así, esta arista se convierte en un arco geodésico que está todo él sobre la superficie de la esfera. El giro de este arco geodésico tiene la propiedad (una gran ventaja) de que, una vez girado, continúa estando sobre la superficie de la esfera y, por tanto, los tres arcos girados ahora sí se cortarán entre sí. Los tres puntos de intersección serán los vértices de la nueva cara triangular. Y estos tres vértices son ahora de fácil control geométrico porque los tres están sobre la superficie de la esfera.

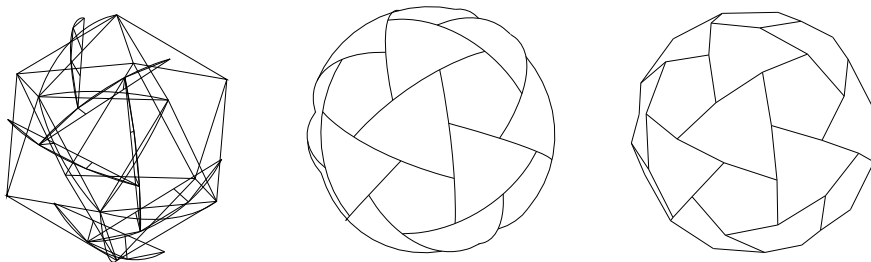


Fig. 3. Obtención del "viredro". Los arcos geodésicos se giran hasta quedar divididos en tres partes iguales.

El ángulo elegido para el giro de las aristas determinará la forma y disposición de los módulos resultantes. Cuando este ángulo sea el que hace que las intersecciones de los arcos girados dividan el arco en tres partes iguales, el resultado corresponde a lo que en su día denominé como "viredro" (Ref. 1). Este ángulo varía con cada poliedro base y con cada frecuencia. En la figura 4 se expresan, junto a otros parámetros, los ángulos que se han podido calcular para la frecuencia 1 de cada uno de los 5 poliedros regulares.

El procedimiento aquí descrito se puede aplicar a cualquier cúpula geodésica (tenga como base un icosaedro o cualquier otro de los cinco poliedros regulares). En este artículo nos limitaremos a las cúpulas geodésicas icosaédricas, pero la generalización a las demás no tiene dificultad. Y dentro de las icosaédricas nos limitaremos a las de frecuencia 1 y 2. También la aplicación a otras frecuencias es perfectamente deducible.

En estos dos casos, geodésicas icosaédricas de frecuencias 1 y 2, la superficie de la esfera queda deconstruida mediante una y dos piezas modulares muy sencillas. Para frecuencias más elevadas habrá tantas piezas modulares diferentes como caras diferentes tenga la cúpula geodésica de que se trate.

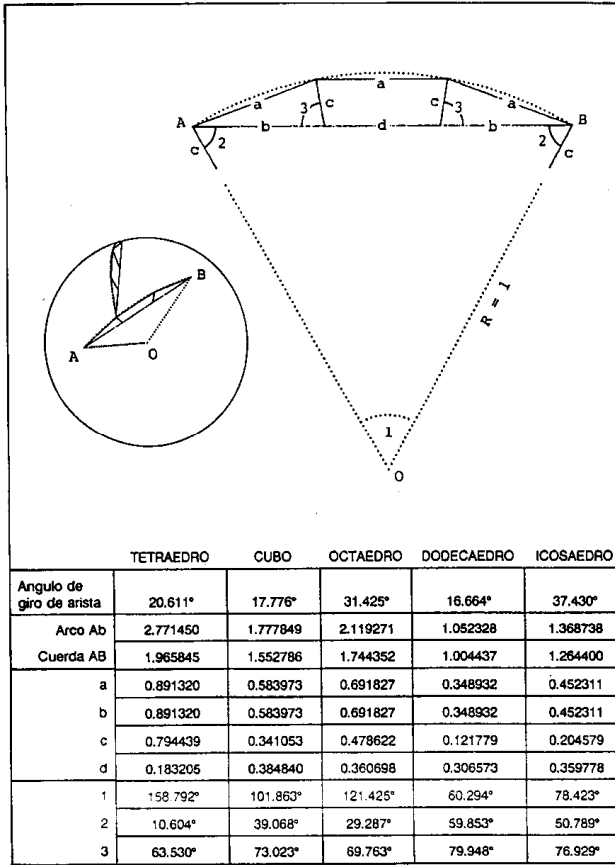


Fig. 4. Parámetros correspondientes a los "viredros" de cada uno de los 5 poliedros regulares.

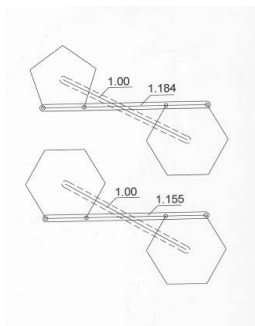


Fig. 5





Fig. 7. Obtención de las piezas modulares correspondientes a las Frecuencias 1 y 2.

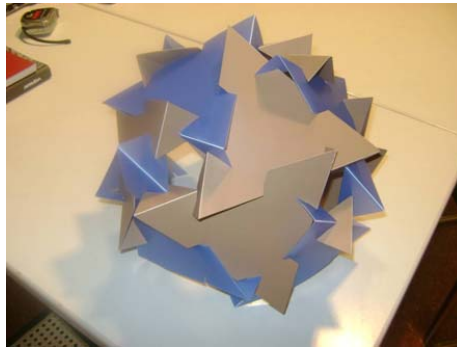


Fig. 8. El modelo corresponde a una geodésica de Frecuencia 1 (icosaedro regular). Está compuesto de 20 módulos de un único tipo.



Fig. 9. El modelo corresponde a una geodésica de Frecuencia 2 y se compone de 80 módulos, 20 de un tipo más 60 de otro.



REFERENCIAS

- 1 GEOMETRIA FLEXIBLE PARA LAS ESTRUCTURAS DE BARRAS
Luis Sánchez-Cuenca López. Informes de la construcción. Nº 430.
Pag. 31 a 42. Madrid.
- 2 TRANSFORMACIÓ DE POLÍEDRES REGULARS MITJANÇANT EL
GIR DE LES SEVES ARESTES
Luis Sánchez-Cuenca. SCIENTIA Gerundensis. Vol 21. 1995. Pag. 105
a 124. Girona
- 3 UNA CÚPULA SIN NUDOS
Luis Sánchez-Cuenca. Revista EGE. Nº 4. 2006. Pag. 83 a 84. Madrid.

LA GEOMETRÍA DE LAS SUPERFICIES ARQUITECTÓNICAS: ANÁLISIS DE LA CIUDAD DE LAS ARTES Y DE LAS CIENCIAS DE VALENCIA

Francisco Javier SANCHIS SAMPEDRO

Universidad Politécnica de Valencia
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica

Resumen

The City of Arts and Sciences is an urban and architectural project from a very controversial politically and socially. Not help to solve this problem the controversial personality of its chief architect, Santiago Calatrava. Reality question is that it has become an excellent laboratory of architectural shapes, ranging from large to small. The analysis of the multitude of surfaces constructed with different materials (concrete, glass and steel) can help you understand the importance of the use of geometry in the design of architecture, with its successes and its mistakes.

The geometrical development of the buildings that make up the CACV and the ratio of their surfaces with other requirements: structure, function, economy ... are the content of this communication, which will attempt to make known from a technical view geometric design principles of a selection of complex surfaces, analyzing its construction and its structural behavior.

Texto comunicación

INTRODUCCIÓN

En la historia de la arquitectura nos podemos encontrar multitud de ejemplos en los que se ha dado importancia a los postulados estéticos de cada una de las épocas frente otras exigencias, evidenciando una clara despreocupación por la estructura y la funcionalidad... hoy en día esto sigue sucediendo. En el tratado más antiguo que se conserva sobre arquitectura, "De Architectura" ("*Los diez libros de arquitectura*" – Marco Vitruvio Polión), Marco Vitruvio afirma que la arquitectura descansa en tres principios fundamentales: la Belleza (Venustas), la Firmeza (Firmitas) y la Utilidad (Utilitas). La arquitectura se puede definir, entonces, como un equilibrio entre estos tres elementos, sin sobrepasar ninguno a los otros.

El uso de la geometría como respuesta racional al fenómeno físico, se ha constituido a lo largo de los años como un gran aliado en la fase de diseño, solucionando problemas posteriores durante la ejecución y la vida útil del edificio.

Un claro ejemplo de la despreocupación por los aspectos estructurales y constructivos y una magnífica utilización posterior de la geometría para dar solución a los problemas constructivos, es el caso de la ópera de Sidney. La opinión expuesta en 1964 por Félix Candela sobre la resolución del concurso de este edificio de Jörn Utzon y el desenlace final de la obra, que supuso un elevado sobrecoste sobre el previsto en el inicio, pueden servir para situar el marco y la motivación de esta comunicación:

"¿Para qué descender a tan prosaicos detalles como el de asegurarse que una estructura tiene posibilidades de ser construida? Quédesse esta tarea para ayudantes de segunda categoría, sin que haya peligro de que tales consideraciones limiten la capacidad creativa del genio. La Ópera de Sidney constituye un trágico ejemplo de las catastróficas consecuencias que esta actitud de desprecio por las más obvias leyes físicas puede acarrear." ("*El escándalo de la Ópera de Sidney*" – Félix Candela Outerño)

Si bien es cierto que el resultado final de la ópera de Utzon constituye uno de los edificios más bellos de la historia de la arquitectura, el camino hasta su materialización no fue sencillo. Las sugerentes y atractivas formas del diseño preliminar que obtuvieron el premio del jurado, presidido por Eero Saarinen, se volvieron en contra del arquitecto durante el desarrollo de la construcción.

"Los dibujos enviados para este proyecto son tan simples como un sencillo diagrama. Sin embargo, al revisarlos una y otra vez, estamos convencidos de que representan un concepto que puede hacer de la Ópera de Sidney uno de los grandes edificios del mundo" (Argumentos de los miembros asesores del jurado)

Parecía que estas formas, tal y como estaban diseñadas, no podían llevarse a cabo sin que perdieran su atractivo inicial. Las formas originales de sus dibujos no eran reconocibles geoméricamente.



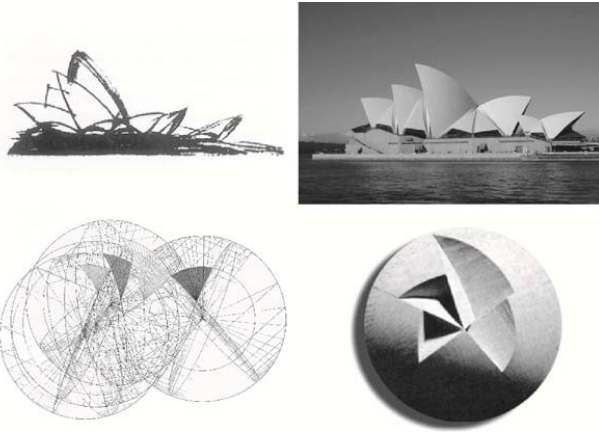


Fig 1. La Ópera de Sidney, 1957-73. Jörn Utzon

"Como dato curioso, antes del concurso de la Ópera de Sidney, Utzon había ganado 7 de las 18 competiciones en que había participado, pero nunca había visto ninguno de sus diseños construido. Llegaba la hora de la realidad" (Artículo para el congreso "Graphica" celebrado en Brasil en 2007 – "La geometría, soporte de la idea en el proceso de diseño" – Esther Vallejo Lobete, Fernando Fadón Salazar, José Enrique Cerón Hoyos)

No fue hasta la incorporación al equipo de construcción del ingeniero Ove Arup cuando, tras un hábil ejercicio de geometrización de las cúpulas, el edificio se pudo finalmente construir. La forma que Utzon había diseñado "a sentimiento" se vio obligada a adaptarse en una geometría conocida, calculable y construible. Y es que la forma de las estructuras, su geometría, definen las construcciones de manera fundamental.

492

Pero ¿cómo se ha venido empleando la geometría a lo largo de la historia de la arquitectura? Y ¿cómo se emplea en la arquitectura contemporánea?

La geometría desde siempre ha sido el instrumento que ha permitido a los arquitectos, de muy diversas formas, unir la creatividad del proceso de diseño, con las necesidades estructurales y constructivas. Hoy en día, y más que nunca, la geometría se convierte en herramienta imprescindible para el buen diseño de los edificios y el manejo de las nuevas herramientas informáticas.

Tal y como indica en su libro "proyectar un edificio: ocho lecciones de arquitectura" Ludovico Quaroni, *"la geometría es pues el instrumento con el que delimitamos, cortamos, precisamos y formamos el espacio, que (...) es el material base de la arquitectura"*.

Históricamente la geometría en la arquitectura se ha estudiado desde un punto de vista bidimensional. El estudio de los trazados reguladores, proporciones... en plantas, alzados y secciones han centrado el esfuerzo de los investigadores, que no siempre arquitectos, de la arquitectura. Y probablemente no han ido desencaminados, ni por ello hay que despreciar su trabajo. Todo lo contrario, supone un punto de partida muy importante para posteriores investigaciones.

Lo que me propongo en mis investigaciones es considerar la arquitectura como algo tridimensional. Probablemente, la arquitectura del pasado, ha basado su forma en geometrías planas, lo cual no quiere decir que al utilizarlas no hayan derivado de ellas interesantes geometrías tridimensionales, superficies singulares que además de estéticas también son eficientes estructuralmente y materializables desde el punto de vista constructivo.

La geometría a utilizar puede ser orgánica, más cerca de un modelado escultórico, o definida, con formas más controlables, representables y eficaces.

La primera consistiría en diseñar los edificios como si de una escultura se tratase, modelando la forma de manera irregular y según las sensaciones del diseñador. Las formas que se consiguen de esta manera son formas indefinidas, difíciles de representar, de modelizar... en definitiva, de trabajar con ellas fuera del ámbito de la propia "escultura" o los programas informáticos específicos. Sin embargo en las últimas décadas han ido

ganando protagonismo debido al desarrollo de las superficies de Bezier en los programas de representación digital y la facilidad que estos permiten a la hora de diseñar con ellas.

Sin embargo, la "geometría definida" responde a formas controlables, representables de manera, no digamos que sencilla, pero sí al alcance de cualquier técnico. Además, al utilizar este tipo de geometría, se pueden prever problemas futuros de las construcciones y solucionarlos ya en la etapa de diseño. Y me refiero fundamentalmente al problema estructural. Un estudio previo de las diferentes geometrías definidas que se pueden conseguir con un material, nos da una idea del comportamiento estructural que va a tener sea cual sea la escala de la construcción.

Y la pregunta que surge de este planteamiento es la siguiente: Y teniendo una serie de ventajas el hecho de utilizar una geometría definida frente a una orgánica ¿Por qué muchos arquitectos o ingenieros, no se decantan por ellas en su diseño y optan por utilizar geometrías orgánicas? La respuesta no es sencilla. Tal vez las corrientes arquitectónicas tengan mucho que ver en el hecho de que se elijan estas últimas. El expresionismo, la arquitectura orgánica, el modernismo... son corrientes a las que se les adapta muy bien este tipo de formas. Pero bajo mi punto de vista no es ésta la principal causa. Me inclino más a pensar en que el hecho de no utilizar las formas geométricas definidas en los diseños tal vez se deba a la falta de habilidad de los diseñadores, ya que resulta mucho más complejo llegar a una solución de este tipo que no a una solución orgánica en la fase de diseño.

"Pero, para obtenerla, es necesario un esfuerzo largo y tenaz en el sentido de las íntimas razones de resistencia de las formas. El resultado genial de un momento de inspiración es siempre el epílogo de un drama, que frecuentemente está constituido por toda una vida de trabajo" ("Razón y ser de los tipos estructurales" – Eduardo Torroja Miret)

CASO PRÁCTICO DE ANÁLISIS: ANÁLISIS DE LA CACV

Tal y como indica Isabel Crespo en su tesis doctoral, el uso de las superficies geométricas en la arquitectura actual se ha convertido en la herramienta de la que dispone el arquitecto para luchar contra el minimalismo impuesto durante las primeras décadas del siglo XX. Desde que Adolf Loos en su libro "ornamento y delito" hiciera un alegato en contra de cualquier tipo de ornamentación superflua de la arquitectura, La geometría se ha convertido de esta manera en la responsable de la expresión arquitectónica.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, y remitiéndome a Francisco Juan en su publicación "Valor barroco en la arquitectura valenciana", en la ciudad de Valencia tenemos uno de los ejemplos de arquitectura contemporánea donde se aprecia, entre otras consideraciones, el uso de esta geometría como recurso compositivo de la arquitectura, lo que él llega a definir como el nuevo barroco valenciano.

Esto es lo que justifica el análisis de la Ciudad de las Artes y de las Ciencias de Valencia (a partir de ahora CACV) como ejemplo de arquitectura contemporánea en la que se deja el peso de la expresión arquitectónica a las superficies geométricas.

La Ciudad de las Artes y de las Ciencias constituye un proyecto urbanístico y arquitectónico muy polémico desde punto de vista político y social. No ayuda a solucionar este problema la controvertida personalidad de su arquitecto principal, Santiago Calatrava. La realidad es que se ha convertido en un excelente laboratorio de formas geométricas arquitectónicas, que van desde la gran escala hasta la pequeña. El análisis de la multitud de superficies construidas con diversos materiales (hormigón, vidrio y acero) puede ayudar a comprender la importancia del uso de la geometría en el diseño de la arquitectura, con sus aciertos y sus equivocaciones.

Durante varios cursos en la ETS de Ingeniería de Edificación de la Universidad Politécnica de Valencia, he venido dirigiendo Proyectos Final de Carrera dirigidos al análisis geométrico de edificios de arquitectura contemporánea. En los últimos dos curso y en el presente, una vez implantado el actual plan de estudios, he dirigido un taller de Proyecto Final de Grado en el que se ha analizado pormenorizadamente los edificios de la CACV. El resultado de estos proyectos y el posterior desarrollo de mi tesis doctoral es el que paso a exponer a continuación.

PALAU DE LES ARTS REINA SOFÍA_ Uno de los edificios más emblemáticos del complejo de la Ciudad de las Artes y de las Ciencias es el Palau de les Arts Reina Sofía. Construido sobre una cimentación existente y que correspondía a uno de los edificios del proyecto original de la Ciudad de las Ciencias, la Torre de Telecomunicaciones.

De este auditorio caben destacar tres elementos arquitectónicos por encima de los demás: La gran cubierta en forma de pluma, el elemento de cerramiento elipsoidal y los dos miradores de vidrio que se sitúan en los extremos este y oeste del edificio.



La cubierta del Palau de les Arts es probablemente uno de los símbolos de la CAC. Las superficies que generan este elemento arquitectónico son una combinación de cuatro conos y un cilindro. La sección es simétrica, y en esta es donde se puede apreciar la inclinación de las generatrices de los conos y la posición del cilindro, así como los grandes radios de la base de estas superficies, del orden de unos 150 metros. Estructuralmente la cubierta se apoya en un punto central; tiene un gran voladizo de aproximadamente 120 metros y otro apoyo atirantado en el extremo oeste del edificio que contrarresta el peso del vuelo. La construcción de esta gran pluma se realizó mediante 61 dovelas metálicas como la que se puede apreciar en la imagen adjunta, que fueron puestas en obra de manera equilibrada y simétrica partiendo del apoyo central. La última pieza en colocarse tras la terminación del apoyo atirantado fue la punta formada por una única pieza. La geometría en este caso ayuda desde el punto de vista estructural al elemento, ya que la doble curvatura obtenida por la combinación de superficies de la cubierta permite el gran voladizo de la misma.

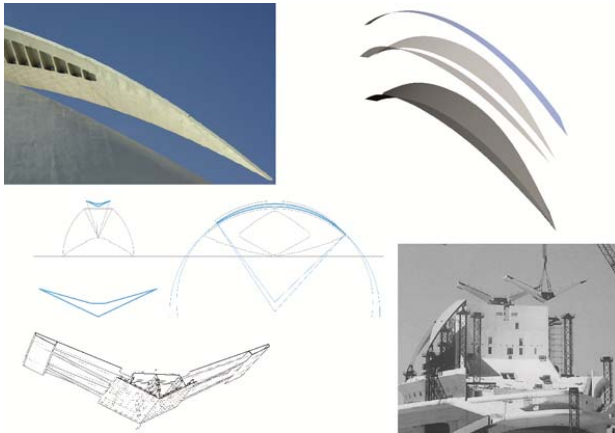


Fig 2. Cubierta del Palau de les Arts Reina Sofia. 1996-2006. Santiago Calatrava

494

También resulta muy interesante el cerramiento exento a modo de cáscara de este edificio. Está generado por un elipsoide de revolución seccionado por dos planos al que se le han practicado dos operaciones de sustracción de otros volúmenes para terminar dando la forma final. Aparentemente tan solo apoya en un punto en la zona inferior, denominada balancín, pero interiormente tiene una estructura a base de arbotantes culminada con un trípode metálico en la parte superior que es que resiste la gran estructura de 172 metros de longitud. El balancín es el único elemento de hormigón, ya que el resto del cerramiento está formado por un panel sándwich metálico, con 2 chapas de 8 mm de espesor y 400 mm de separación entre ellas. El acabado está materializado con trencadís. En este caso, la geometría no juega a favor del comportamiento estructural del recurso compositivo, ya que es necesaria toda una estructura oculta para poder soportar el elemento.

Los miradores este y oeste del edificio son quizá los elementos arquitectónicos donde el uso de la geometría podríamos considerar que es más acertado. Están generados por una hábil intersección de cilindros de base parabólica, los cuales se materializan por sus generatrices convertidas en carpinterías. Los vidrios puestos a hueso en la intersección de las superficies generan un espacio interior interesante. La materialización del mirador se hizo mediante unos nervios de acero de una pieza, coincidentes con la carpintería, empotrados en la parte superior y articulados en la inferior. El pavimento del mirador se realizó de vidrio traslúcido. El resultado final, además de ser estético resulta funcional y estructuralmente correcto.

MUSEU DE LES CIÈNCIES PRINCIPE FELIPE_ El museo es uno de los edificios que ya aparecían en el proyecto original de la Ciudad de las Ciencias junto con la Torre de Telecomunicaciones y el Hemisfèric. De hecho es el edificio que menos cambios ha sufrido desde su concepción hasta su construcción. De este edificio resulta interesante analizar desde el punto de vista geométrico la cubierta, la fachada norte de vidrio y las puertas de acceso para carga y descarga en los testeros este y oeste.

En este edificio el elemento protagonista es claramente la estructura, compuesta de 5 grandes árboles de hormigón y coronada por una cubierta que resulta de la repetición de un módulo. Éste módulo está compuesto por dos superficies cónicas que se materializan con unas estructuras en forma de cercha metálica tubular en la parte interior y una cubierta a base de planchas delgadas metálicas al exterior.

Pero sobre los demás elementos destaca la fachada norte, un gran muro cortina de vidrio con una geometría muy singular. Este alarde de geometría está compuesto por un módulo repetido a lo largo de los 241 metros de longitud del edificio. Este módulo está formado por 3 perfiles tubulares de forma parabólica que albergan entre ellos unas superficies de plano director cuyas generatrices son perfiles metálicos que se cubren con paños

planos de vidrio. Estructuralmente debido a la forma parabólica de los perfiles tubulares, semejante a la forma de un arco catenario, resulta un cerramiento muy estable. Las diferentes superficies de plano director que componen los vidrios generan un movimiento y una transparencia en fachada que deja ver el protagonismo de los árboles estructurales.

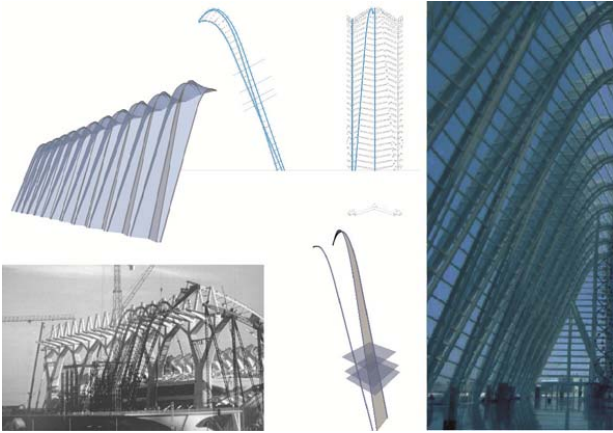


Fig 3. Fachada norte del Museo de les Ciències Príncipe Felipe. 1996-2000. Santiago Calatrava

El movimiento en la obra de Calatrava es uno de sus características más notables. Para el acceso de carga y descarga del Museo diseñó un tímpano con la geometría de un cono de base elíptica y una puerta móvil de grandes dimensiones con dos superficies de plano director. Estas puertas son las que al abrirse y cerrarse producen ese movimiento que el arquitecto busca en todas sus obras. Como curiosidad, la forma elíptica del tímpano genera lo que se denomina una "galería de susurros".

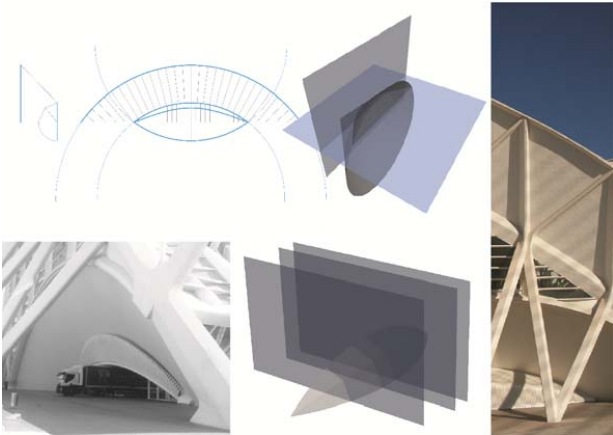


Fig 4. Acceso carga y descarga del Museo de les Ciències Príncipe Felipe. 1996-2000. Santiago Calatrava

L'HEMISFÉRIC_ Probablemente el edificio más discreto de todo el complejo. Está generado por una cúpula elipsoidal de gran luz con tan solo dos apoyos en forma de trípodes en sus extremos, lo que le da estabilidad. La cúpula elipsoidal es una de las geometrías más puras dentro del complejo CAC. Materializada con estructura metálica tubular y cubierta metálica, los trípodes extremos son de hormigón armado.



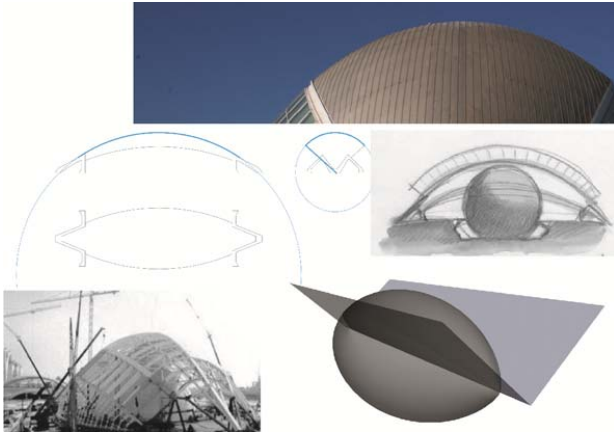


Fig 5. Cubierta de l'Hemisfèric. 1996-98. Santiago Calatrava

Igual que en la puerta de carga y descarga del museo, el arquitecto ha utilizado también el movimiento para el diseño de las puertas móviles del Hemisfèric. Cerradas aproximan la superficie del elipsoide de la cubierta y al abrirse en un hábil juego geométrico y de ingeniería, se convierten en dos superficies de plano director.

Bajo la cubierta también podemos apreciar la geometría pura de la esfera, constituida por la parte exterior de la sala de cine imax del interior. Ésta recubierta con trencadís se presenta como algo escultórico protegido por la estructura del edificio.

L'UMBACLE_ El edificio del Umbracle combina la funcionalidad del aparcamiento que alberga y que da servicio a toda la CAC, y la plasticidad de su paseo-mirador superior cubierto por una estructura metálica, lleno de vegetación y que a su vez sirve de espacio expositivo al aire libre. Santiago Calatrava lo definió como "un balcón al futuro". En el caben destacar tres elementos: las escaleras de acceso, el respiradero escultórico del aparcamiento y la gran celosía de cubierta.

El arquitecto juega con la geometría del cono y el cilindro para diseñar la escalera-ascensor de acceso al edificio. En su interior, estas dos superficies albergan una escalera helicoidal que describe dos hélices, cilíndrica y cónica. El análisis y representación de este conjunto arquitectónico formó parte de un Proyecto de Innovación y Mejora Educativa llevado a cabo en la ETSIE por las asignaturas de Dibujo Arquitectónico y Geometría Descriptiva.

Las superficies cónicas y cilíndricas también se combinan para dar lugar a un elemento tan común y poco atractivo como suele ser una chimenea de ventilación de un aparcamiento. Este hito en el paseo cobra especial relevancia por su diseño a partir de estas geometrías. Además su acabado en trencadís los vincula con el resto del edificio.

La cubierta está diseñada a partir del concepto del umbráculo de la arquitectura tradicional mediterránea. Para su diseño, el arquitecto utiliza una serie de arcos parabólicos que une con una superficie de plano director materializada con barras metálicas. Éstas forman un entramado metálico por donde está previsto que trepen las diferentes especies vegetales y creen una zona de sombra en su parte inferior. En la estructura de esta cubierta la geometría juega un papel esencial. En primer lugar, los arcos parabólicos que aproximan al arco catenario hacen que los esfuerzos se distribuyan de manera natural hasta los apoyos. Los arcos intermedios que no llegan a apoyar en el suelo, reparten su peso a los contiguos mediante las barras metálicas que componen la superficie de plano director. La longitud de la cubierta también le otorga estabilidad, ya que el esquema se repite con 55 arcos fijos y 54 flotantes a lo largo de los 320 metros de longitud del edificio.

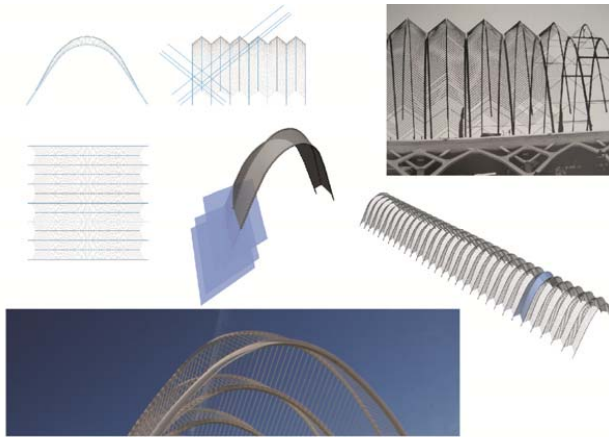


Fig 6. Cubierta del Umbracle. 1997-2000. Santiago Calatrava

L'ÀGORA_ Ha sido el último edificio en construirse, de hecho todavía no ha finalizado su construcción. Su situación respecto el resto de edificios quizá juega en contra del mismo. Su eje longitudinal se sitúa formando 90° con respecto al eje de toda la CAC, y su color azul difiere del blanco que impregna el resto del complejo.

Aun así, el hábil juego de superficies cilíndricas de la envolvente de este inacabado edificio es una de las operaciones geométricas más complejas y efectivas desde el punto de vista estructural de toda la CAC. Seis superficies cilíndricas combinadas entre sí conforman la volumetría exterior del edificio. Estas superficies en su parte inferior y superior están construidas con vidrio, lo que aporta una gran iluminación al interior. Esta entrada de luz se verá matizada y controlada con la colocación del brise-soleil en la parte superior y que en la actualidad no se ha ejecutado. El diseño interior recuerda las catedrales góticas, al igual que los tornapuntas exteriores nos remiten a unos contrafuertes contemporáneos. Los 49 pórticos parabólicos materializados por una estructura metálica triangulada recuerdan la reinterpretación que hizo Gaudí en la Sagrada Familia de la construcción de una catedral gótica. Estos pórticos están arriostrados a su vez por unos arcos elípticos que resultan de la intersección de los cilindros usados en la volumetría. De esta manera consigue el arquitecto un espacio multifuncional con gran versatilidad con una altura central de 70 metros.

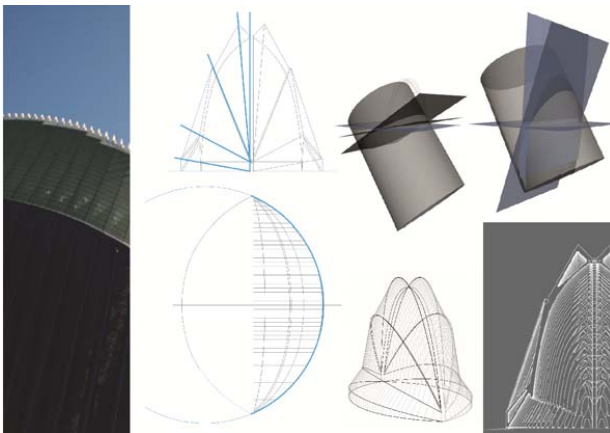


Fig 7. Volumen del edificio Àgora. 2006-actualidad. Santiago Calatrava

PARC OCEANOGRÀFIC UNIVERSAL_ El Parc Oceanogràfic Universal es un complejo de edificios que albergan los diferentes hábitats marinos del planeta. En contra de lo que suele pensar el profano a la arquitectura, no está diseñado por Santiago Calatrava, y en contra de lo que suelen pensar los próximos al mundo de la arquitectura, no está diseñado por Félix Candela. Sí que es cierto que el proyecto se le encarga a este último, pero debido a su fallecimiento no puede llevarlo a cabo y se encargan los diferentes edificios a varios despachos de ingeniería y arquitectura, todos ellos coordinados por la empresa Civis Project nManagment. Lo que no se puede negar es el elegante sello de Félix Candela que aparece, a modo de homenaje póstumo, en las dos cubiertas del



acceso y el restaurante. El paraboloides hiperbólico, tan estudiado y utilizado por el arquitecto español, es la superficie utilizada para realizarlas.

La cubierta del restaurante es uno de los mejores y más elegantes ejemplos del uso del paraboloides hiperbólico en arquitectura. Fue diseñada a imagen de la cubierta diseñada por Candela para el restaurante Los Manantiales en México. La cubierta consta de 8 lóbulos de paraboloides con el borde libre, el cual se consigue seccionando los paraboloides por un plano. Además de la estética de la solución, estructuralmente constituye uno de los más claros ejemplos del buen uso de la geometría, ya que consigue salvar una luz entre apoyos de 35,5 metros con una estructura de hormigón de tan sólo 6 centímetros de espesor en la mayor parte de la superficie de la cubierta. También cabe destacar los 8 metros de altura que alcanza en la clave y que le da al espacio interior el carácter monumental. El hormigón utilizado para su realización es un hormigón proyectado con fibras metálicas y con una armadura base mínima. En la imagen se aprecian los encofrados donde los listones y los travesaños siguen la dirección de las generatrices de la superficie. Este es un claro ejemplo de aplicación de la geometría en el proceso de construcción de un elemento de hormigón.

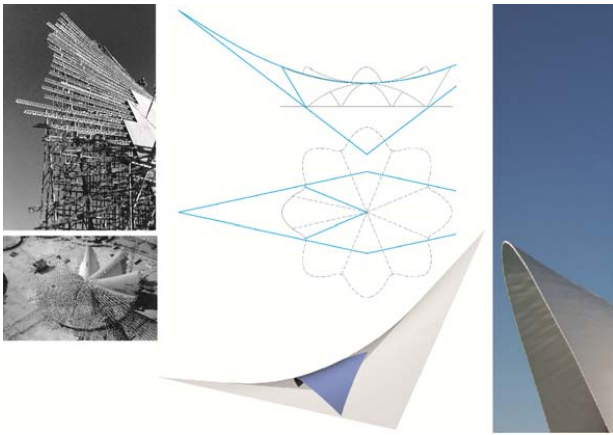


Fig 8. Cubierte del restaurante del Parc Oceanogràfic Universal. 1997-5006. Alberto Domingo y Carlos Lázaro

CONCLUSIONES

Una vez analizados los edificios del complejo desde el punto de vista geométrico fundamentalmente, pero también desde el punto de vista estructural y constructivo, lo cierto es que se pueden extraer multitud de conclusiones de diferentes índoles: geométrica, estructural, constructiva... a diferente escala, desde el uso de la geometría en las diferentes superficies aisladas hasta el uso en los edificios o incluso en el conjunto en general. Es por esto que voy a intentar hacer un resumen intentando relacionarlos a todos.

Como ya hemos podido comprobar, la CACV se convierte para los que estudiamos el uso de la geometría en la arquitectura, en un laboratorio de formas de todo tipo. En sus edificios se han utilizado desde superficies más habituales en la historia de la arquitectura, como puede ser la esfera, hasta otros tipos de superficies que difícilmente se podrían haber materializado en otra época y que gracias a los materiales y a las nuevas técnicas constructivas, hoy somos capaces de materializarlas. Paraboloides hiperbólicos, cilindros parabólicos, elipsoides de revolución, superficies de plano director... allá donde nos fijemos podemos encontrar alguna de estas superficies, desde los grandes elementos arquitectónicos como cubiertas, fachadas... hasta los más pequeños como puertas, encuentros, apoyos...

Toda esta borrachera de geometría no siempre está justificada desde el punto de vista estructural. En ocasiones la superficie utilizada funciona a favor del comportamiento estructural, como en la cubierta del Umbracle donde está muy presente el concepto de catenaria. La forma geométrica de los arcos distribuye de manera natural los empujes hacia los apoyos y los esfuerzos provocados por los arcos flotantes se redistribuyen de manera repartida por las diferentes barras que conforman la superficie:

"La obra mejor es la que se sostiene por su forma". ("Razón y ser de los tipos estructurales" – Eduardo Torroja Miret)

Pero en otras muchas ocasiones necesita de todo un entramado oculto (o semioculto) que permita materializarla. Este es el caso del cerramiento del Palau, que visualmente se apoya en un solo punto pero que

necesita de una serie de arbotantes ocultos y de estructuras en forma de trípode para que sea estable. La geometría ha sido utilizada con un fin únicamente estético, y por tanto nos encontramos en casos similares a los de la Ópera de Sidney que comentaba en la introducción:

"Los edificios más relevantes de la Postmodernidad buscan un "carácter" sorprendente y banalmente efectista" ("Valor barroco en la arquitectura Valenciana" – Francisco Juan Vidal)

Desde el punto de vista constructivo, lo cierto es que también constituye un gran banco de experimentación en cuanto al uso no convencional de materiales de construcción. Las superficies analizadas están construidas con los más diversos materiales: hormigón, acero, vidrio... e incluso dentro de cada material genérico nos encontramos con subtipos muy singulares: acero cortén, hormigón reforzado con fibras de acero... El estudio de todos estos materiales a lo largo del tiempo, desde su puesta en obra hasta su comportamiento a lo largo del tiempo me consta que también está siendo estudiado por compañeros de otras escuelas de la UPV.

Para finalizar, me gustaría hacer un par de reflexiones y dejarlas abiertas para el debate:

Si es complicado en ocasiones prever el comportamiento estructural y saber como van a comportarse los materiales en un edificio con la geometría conocida y completamente definida, ¿qué sucede en los edificios que se están diseñando actualmente con superficies orgánicas o escultóricas?

En estos casos la sensación es que la herramienta (y me refiero a las potentes herramientas informáticas que existen hoy en día) nos han abducido. Somos capaces de dibujarlo pero... ¿Somos capaces de construirlo? Parece que sí pero... ¿A que coste?

Referencias bibliográficas

- Araujo, I. *La forma arquitectónica*. Pamplona: Ediciones Universidad de Navarra S.A. 1976
- Candela Outeriño, F. *El escándalo de la Ópera de Sidney*. Madrid : Arquitectura. 1968
- Crespo Cabillo, I. *Control gráfico de formas y superficies de transición*. Barcelona: Tesis doctoral - Universitat Politècnica de Catalunya. 2005
- Engel, Heino. *Sistemas de estructuras*. Barcelona : Gustavo Gili. 1997
- Ibáñez Torres, R. *El vientre de un arquitecto*. 2004
- Juan Vidal, F. *El valor barroco en la arquitectura valenciana*. Valencia : General de ediciones de arquitectura. 2006
- Molinari, L. *Santiago Calatrava*. Italia : Skira. 1999
- Montes Serrano, Carlos. *Representación y análisis formal: lecciones de análisis de formas*. Valladolid : Universidad de Valladolid. 1992
- Quaroni, Ludovico. *Ocho lecciones de Arquitectura*. Ed. Xarait. Barcelona.
- Salvadori, M. & Heller, R. *Estructuras para arquitectos*. New Jersey: Nobuko. 1986
- Sanchis Sampedro, FJ. *La geometría de las superficies arquitectónicas*. Ed. Diazotec. 2012
- Sanchis Sampedro, FJ. *Las formas del hormigón. Catálogo práctico de diseño*. Valencia: Trabajo Final de Máster – Universidad Politécnica de Valencia. 2011
- Soler Sanz, F. *Trazados reguladores octogonales en la arquitectura clásica*. Valencia: General de ediciones de arquitectura. 2008
- Taibo Fernández, Á. *Geometría Descriptiva y sus aplicaciones. Tomo II*. Albacete: Tebar Flores. 1983
- Torroja Miret, E. *Razón y ser de los tipos estructurales*. Madrid: CSIC. 1957
- Valldecabres Gómez, Rafael. *Estructura geométrica de las superficies arquitectónicas*. Valencia : SP UPV. 1988
- Vitrúvio Polión, M. *Los diez libros de arquitectura*. Madrid: Alianza. 1995
- Vallejo Lobete, F. y otros. *La geometría, soporte de la idea en el proceso de diseño*. Artículo para el congreso "Graphica" celebrado en Brasil en 2007



ESTUDIO DE LOS PROYECTOS ARQUITECTONICOS EN LA EPOCA DE JOSE GRASES RIERA

M^o del Carmen SANZ CONTRERAS
Mercedes VALIENTE LÓPEZ

Universidad Politécnica de Madrid
Departamento de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación

Resumen

El modernismo en la arquitectura de Madrid siempre se había considerado de escasa importancia, como en el resto de España, al estar siempre comparándolos con el desarrollo que había tenido en Cataluña, ya que allí fue más rompedor de las normas establecidas y con una gran difusión dando lugar a numerosas, grandes y magníficas actuaciones.

El arquitecto que realiza la obra más significativa de este período en Madrid es: JOSE GRASES RIERA. Este arquitecto es, contemporáneo y compañero de estudios de Antonio Gaudí en la escuela de arquitectura de Barcelona, licenciándose en 1878, trasladándose a Madrid, donde inicia su trayectoria profesional proyectando la obra que le haría alcanzar la fama, realizando parte del edificio del PALACIO DE LONGORIA, (1902-1905)

En esta ponencia se estudia la figura de José Grases Riera y se compara con la de los arquitectos contemporáneos buscando las influencias originadas, teniendo en consideración que, en Madrid, no es tan "innovador" este estilo como en Cataluña. Pero no por ello es menos importante.

En ella se hace un estudio exhaustivo de una época, centrándose en un ejemplo concreto, el Casino de Madrid. Se ven algunos ejemplos del concurso y se analizan sus dibujos.

INTRODUCCION

La época en que aparece el modernismo se sitúa entre finales del siglo XIX y principios del siglo XX, cuando los efectos de la revolución industrial ya se empiezan a notar en toda Europa.

La revolución industrial, que tiene su apogeo en la primera mitad del siglo XIX, favorece el desarrollo de los inventos industriales y sus grandes exposiciones, da lugar a nuevas tecnologías, que junto con el hierro, antes solo utilizado para la construcción de máquinas industriales, se emplee el vidrio para la arquitectura.

En esta época todas las artes experimentaron grandes cambios, pero en la arquitectura, que hasta ahora siempre se había limitado a imitar el pasado, se rompe con todo creando un nuevo estilo con nuevos materiales, técnicas y formas.

La creación de estas nuevas formas implica un avance tecnológico, que se consigue empleando el hierro, el vidrio, el hormigón y con el perfeccionamiento de la construcción con ladrillo tradicional.

Se consiguen obras de gran belleza con el empleo de mosaicos, vitrales, marqueterías en suelos y techos, empleando el hormigón en la fabricación de molduras y resaltes utilizando moldes para ello.

Como siempre la arquitectura ha reflejado la situación social y política del momento y lugar por lo que en cada sitio tiene un desarrollo, con unas características singulares que la hace diferente, recibiendo un nombre propio, aunque con rasgos similares que permiten poder clasificarla en los distintos estilos.

En este contexto surgirán los arquitectos que son los que dan a la ciudad un aspecto buscado, empleando las innovaciones tecnológicas de su tiempo, pero manteniendo la estética del momento que marca la Real Academia de Bellas Artes, que cuando se separa, continúa influyendo en la Escuela Superior de Arquitectura de Madrid.

El modernismo en la arquitectura de Madrid siempre se había considerado de escasa importancia, como en el resto de España, al estar siempre comparándolos con el desarrollo que había tenido en Cataluña ya que allí fue más renovador de las normas establecidas y con una gran difusión dando lugar a numerosas, grandes y magníficas actuaciones.

A partir de las investigaciones del profesor Pedro Navascués de las que publica el artículo: "Opciones modernistas en la arquitectura madrileña" en Estudios Pro-arte, nº 5, en 1976, que fija los criterios del modernismo madrileño y sirve como punto de partida para analizar sus particulares características, dando lugar a posteriores estudios y trabajos de distintos investigadores, siendo el último publicado en 2009 - "El modernismo en la arquitectura madrileña" trabajo de Oscar Da Rocha Aranda, fruto de una exhaustiva investigación de las obras pertenecientes a esta época, construidas o no.

OBJETIVOS

El objetivo de esta ponencia es estudiar la figura de José Grases Riera y compararla con la de los arquitectos contemporáneos. Buscaremos las influencias en la obra de Grases Riera y en la Arquitectura de la Época. Teniendo en consideración que, en Madrid, no es tan "transformador" de este estilo como en Cataluña. Pero no por ello es menos importante. Se realizará un estudio exhaustivo de una época, centrándose en un ejemplo

concreto el Casino de Madrid. Se analizarán y estudiarán algunos ejemplos del concurso y se examinan sus dibujos.

JOSE GRASES RIERA

El arquitecto que sobresale en este periodo en Madrid es JOSE GRASES RIERA que junto con otros se encarga de la renovación y construcción de Madrid

Este arquitecto nace en Barcelona el 25 de abril de 1850, empieza sus estudios de arquitectura en la Escuela de Arquitectura de Madrid de 1871 a 1874, trasladándose a Barcelona donde los termina en 1878 siendo contemporáneo y compañero de estudios de Antonio Gaudí.

Se traslada a Madrid donde inicia su trayectoria profesional dirigiendo construcciones de casas particulares, participando en algunas exposiciones ganando algunos premios. Por concurso de méritos gana una plaza de arquitecto en la Dirección de Beneficencia General y Sanidad del Gobierno Civil de Madrid, ocupando distintos cargos.

Entre sus obras se encuentra:

- EDIFICIOS DE VIVIENDAS, situado en la calle Serrano Nº 1 (1889-1890)
- LA EQUITATIVA, situado en la calle Alcalá. (1887-1891) y hoy es BANESTO. Primer premio del concurso de proyectos organizado por la compañía americana La Equitativa.
- NEW CLUB, situado en la calle Cedaceros. (1899- 1902) y actualmente Sociedad NUEVO CLUB.
- EL TEATRO LIRICO, situado en la calle situado en la calle Marques de la Ensenada (1901-1902)posteriormente, después de un gran incendio fue acondicionado para el LICEO FRANCES y hoy Consejo Superior del Poder Judicial
- EL MONUMENTO A ALFONSO XII, situado en el parque del Retiro (1901- 1922). Proyecto adjudicado por concurso y sufragado por el pueblo.
- EL MONUMENTO A CANOVAS DEL CASTILLO, situado en la plaza de la Marina Española (1901).
- EL MAUSOLEO DE LA FAMILIA DE CUADRO Y ARCOS en la Sacramental de San Isidro (1890)
- LA SEPULTURA DE FEDERICO CHUECA en la Sacramental de San Justo (1908)
- CASA ECONÓMICA para los perjudicados por el terremoto de Málaga y Granada.
- EL GRAN HOTEL DE LOS BAÑOS DE CESTONA en Guipúzcoa, hoy desaparecido, del que solo tenemos algunas fotos del interior publicadas en
- También trabaja para el Ayuntamiento y realiza proyectos de trazado urbanístico
- EL PALACIO DE LONGORIA, situado en la calle Fernando VI con vuelta a la calle Pelayo. (1902-1905 aprox.) , actualmente SOCIEDAD GENERAL DE AUTORES. La documentación que nos llega se compone de planos de planta, sección transversal, detalle-alzado de la verja del cerramiento, alzado exterior de la calle Pelayo y memoria. Documentación insuficiente para desarrollar la obra, lo que nos confirma la costumbre de improvisar la ejecución del proyecto apoyándose en buenos maestros de obra. En el también actúa el arquitecto García Nava en año 1912.

Fue también un escritor prolífico publicando diversos temas todos relacionados con su trabajo, recibiendo varias distinciones, siendo también socio de mérito de varias corporaciones y academias. Murió en Madrid el 18 de febrero de 1919.

EL PALACIO DE LONGORIA

Si analizamos la obra más singular de Grases Riera, el Palacio de Longoria, vemos que la documentación gráfica que se pedía para obtener los permisos para construir es insuficiente para ejecutar las obras por lo que esta necesita buenos maestros de obra para poder desarrollar la obra.

Hasta ese momento nadie se había atrevido a emplear toda esa ornamentación en los edificios, característica de este estilo en Madrid, aunque arquitectos contemporáneos como Jesús Carrasco Encina, Antonio Farrés lo habían hecho tímidamente en algunas de sus obras anteriores.

José López Sallaberry se hace cargo de las obras del Palacio de Longoria y parece que el conocimiento de este estilo le conduce a emplearlo en sucesivos proyectos pero con una gran influencia del barroco francés.

JOSE GRASES RIERA Y SUS CONTEMPORANEOS

La preocupación de estos años llevó a organizar distintos concursos de ideas arquitectónicas en un intento de conseguir un estilo propio para un Madrid moderno que se estaba convirtiendo en metrópoli.

Se convocan concursos internacionales para proyectos de edificios de Madrid abierto a concursantes extranjeros, todos ellos intentan adaptarse al estilo ecléctico de la época, empleando el estilo modernista de una forma personal, como lo demuestran los dibujos presentados en el concurso del Casino de Madrid y que están en sus archivos: Las figuras (1) Da Rocha Aranda, Oscar, EL MODERNISMO EN LA ARQUITECTURA MADRILEÑA. Génesis y desarrollo de una opción ecléctica .Ed. Biblioteca de Historia del Arte. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid 2009.



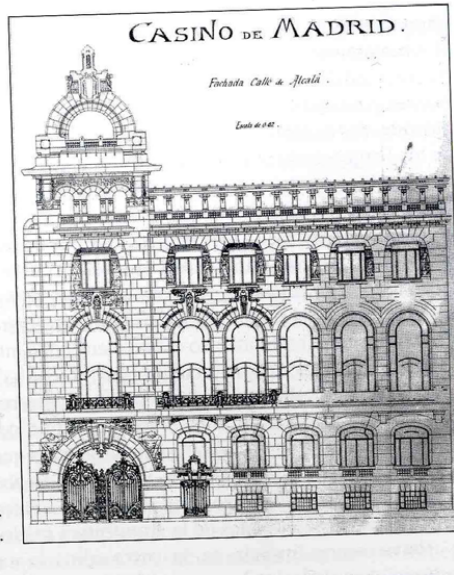


fig. 1 Proyecto del Casino de Madrid, 1905, de Laurent Farge y José Sallaberry

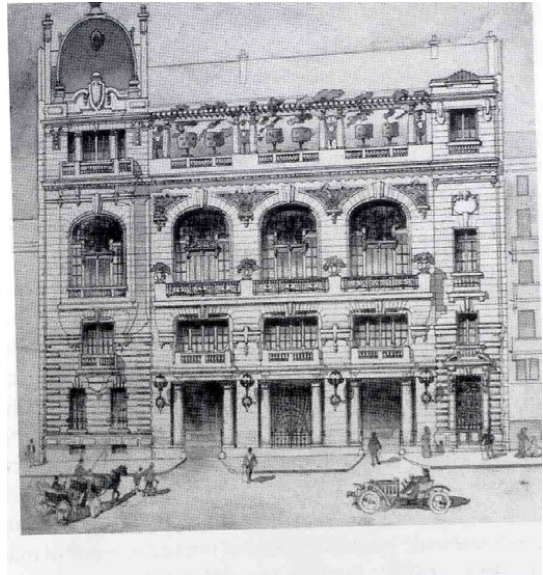


fig 2.-Archivo del Casino de Madrid. Proyecto del Casino de Madrid, 1903, de Guillaume Tronchet. No construido.

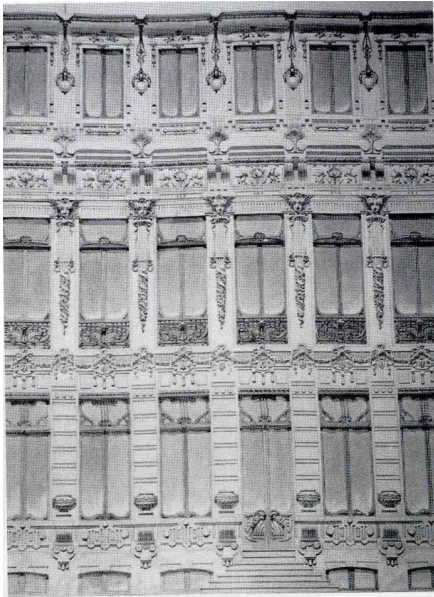


Fig. 3..Archivo del Casino de Madrid. Proyecto del Casino de Madrid, 1903, de Manuel Martínez Ángel. No construido

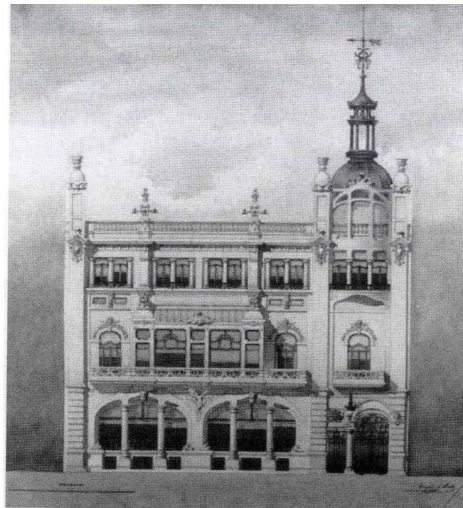


Fig 4 Archivo del Casino de Madrid. Proyecto del Casino de Madrid, 1903, de Tomas Gómez Acebo. No construido



Fig 5 Alzado. Archivo del Casino de Madrid. Proyecto del Casino de Madrid, 1903, Arq Antonio Palacios y Joaquín Otamendi. No construido

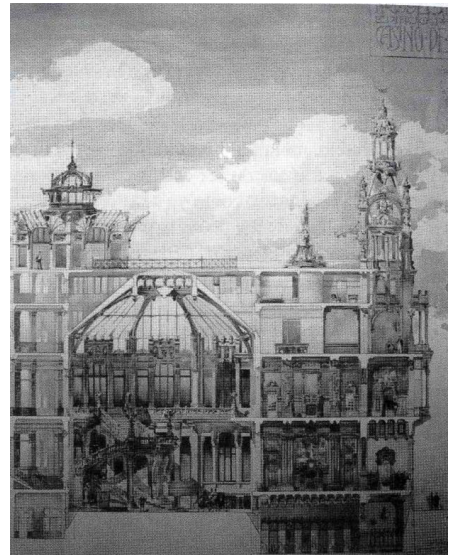


Fig 6 Sección. Archivo del Casino de Madrid. Proyecto del Casino de Madrid, 1903, Arq Antonio Palacios y Joaquín Otamendi. No construido

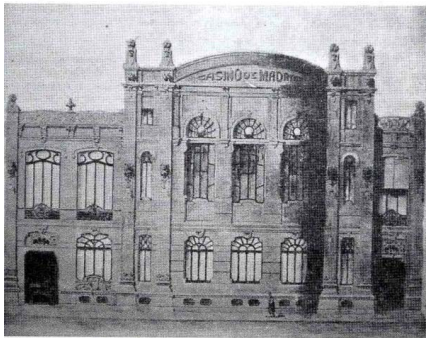


Fig. 7..Archivo del Casino de Madrid. Proyecto del Casino de Madrid, 1903, Arq. Luis Sainz de los Terreros. No construido.

Como se ve por estos dibujos el concurso estaba abierto a que los participantes sean arquitectos de toda Europa y con estilos característicos del momento. Eduardo Reynals arquitecto de la Casa de Pérez Villamil también es un ejemplo del modernismo madrileño, también ha estudiado en la Escuela de Barcelona.

Otro de estos concursos fue el organizado en 1915 para arquitectos y alumnos de la Escuela de Arquitectura y que fueron premiados por El Circulo de Bellas Artes. Se conservan en el Archivo del Círculo de Bellas Artes. Este concurso llevó el nombre de "Conjuntos arquitectónicos y croquis de ideas arquitectónicas orinales "según aparece en las bases, que junto con los dibujos se conservan en el Archivo del Círculo de Bellas Artes y que constaba de dos partes.

El conocer la obra de los premiados, nos permite saber los distintos estilos del momento así como las influencias ejercidas por las tendencias arquitectónicas del resto del mundo. También tenemos que considerar que la presencia de Antonio Palacios en el jurado influyo en el diseño de los proyectos participantes. Los premiados fueron:



Entre los alumnos:

El primer premio: Pedro Muguruza

En la primera parte presento: Una vidriera para un salón de baile

En la segunda parte presento: Fragmento del sepulcro del Infante D. Alonso de Pedro Muguruza.

En ambos trabajos se ve una gran elegancia en el trazo así como un gran interés estético.

Fue amigo personal de Antonio Palacios y trabajó con él cuando terminó sus estudios.

El segundo premio: Francisco Javier Ferrero y Llusía.

En la primera parte presentó: Patio y escalera de la casa de la Condesa de Fuenrubia.

Los dibujos que pertenecen a la segunda parte son el "Templo de la Paz" que presenta en dos láminas. Tiene una gran influencia de la Secesión Vienesa, de los templos hindúes y de la arquitectura de los zigurats.

El tercer premio: Luis Alemany

El primer trabajo fue un apunte de "arquitectura popular"

En la segunda parte: Proyecto de "cementerio" "Pabellón de conciertos"

Tiene gran influencia del Hospital Jornaleros de Antonio Palacios.

En los trabajos de los estudiantes se ve claramente las ideas modernistas del momento, aprendidas a través de las revistas que reflejan las tendencias arquitectónicas de todo el mundo de la biblioteca de la Escuela.

En cuanto a los arquitectos, estos muestran una gran diversidad de estilos, puesto que va en función de su formación es distinto puesto que depende de su procedencia.

Entre los arquitectos:

El primer premio para los arquitectos fue: Roberto Fernández Balbuena, el más joven de todos.

En la primera fase presentó un dibujo de "el interior del Panteón de San Isidoro de León", a lápiz y acuarela donde se ve el dominio de la perspectiva y de las sombras.

En la segunda fase presenta una composición "El templo de Vesta" "donde se refleja la influencia de "La Villa de Cesar" de Teodoro Anasagasti, que había dibujado en 1911 y era profesor de la Escuela de Arquitectura

El segundo arquitecto premiado fue: Baltasar Fernández Briz

El primer dibujo presentado fue una acuarela "Jardín de los frailes de El Escorial"

El segundo trabajo fue también una acuarela de la sección del interior de un palacio.



Fig. 8. Díez Ibargoitia María.

ARCHIVO ESPAÑOL DE ARTE, LXXXI, 321.

ENERO-MARZO 2008. Centro de humanidades, CSIC.

El tercer premio para los arquitectos fue para Joaquín Sainz de los Terreros, el de más edad de todos los concursantes. Presentó un trabajo muy sobrio un "Faro Restaurante" "totalmente de estilo clásico, en la primera parte.

Exterior del Claustro de la Catedral de Ávila, dibujo presentado para la segunda fase. Para este arquitecto trabajar en el estilo modernista carecía de sentido pues el mismo en La Construcción Moderna hizo una crítica del modernismo que se había implantado en toda Europa " La arquitectura moderna no tiene esos rasgos distintivos que la diferencian de las otras edades, sino que antes bien, es copia de las antiguas o es un conjunto de formas sin sentido, de adornos sin razón, que dan como resultado el mal llamado estilo modernista, sin valor artístico alguno, y que rompiendo con todas las leyes de la simetría y estabilidad y burlándose de la estética, parece tener como único objeto el contrariar precisamente aquellas reglas"- Texto recogido por Pedro Navascues Palacio en Arquitectura Española (1808-1914).

LOS ARQUITECTOS CONTEMPORANEOS

El modernismo en Madrid se implantó como una moda decorativa aplicada superficialmente en edificios concebidos según criterios tradicionales de la composición y del espacio. Los arquitectos que diseñaron con criterios modernistas, quisieron distanciarse de la imitación formal del pasado y actualizar los elementos decorativos. Quisieron llevar a la práctica, de un modo más fácil y económico, los variados programas tipológicos que generaba una ciudad en expansión. Este eclecticismo renovador fue sin duda la postura más interesante que el estilo adoptó en Madrid durante las primeras décadas del siglo XX.

La implantación del modernismo en Madrid y Cataluña fue muy diferente debido a la diferente situación económico-social de ambas regiones, los diferentes condicionantes sociales. En Cataluña se produjo una revolución industrial y un auge económico que se tradujo en un renacimiento cultural de amplio alcance, potenciado por la burguesía progresista y enriquecida que acogió, con alegría, el modernismo como una nueva forma de vida.

Sin embargo en Madrid por el contrario la situación fue distinta. La capital no tenía industria, económicamente la sociedad estaba en declive. Los acontecimientos políticos del 98 debieron ser afrontados, la crisis llevó consigo el derrumbe de los valores establecidos. Todo esto crea unos momentos de incertidumbre artística, unos tímidos y escasos tanteos sobre el nuevo estilo por parte de arquitectos y clientes más progresistas y una supervivencia del eclecticismo con toda su carga de caducas influencias que la aristocrática y conservadora clase dirigente, poco dada a nuevas creaciones estilísticas y amante del pasado, fue incapaz de abandonar.

Algunos de los Arquitectos de la época fueron: Miguel y Pedro Mathet Coloma, Arturo Pérez Merino, José Carnicero, Benito González del Valle Fernández-Galán, Crispulo Moro, Federico de Arias Rey... todos ellos con obras construidas, que crearon el Madrid modernista.

CONCLUSIONES

A través de los concursos de proyectos y de las obras construidas, queda patente el eclecticismo que hay en todos los trabajos, como mezcla del clasicismo francés definido por su monumentalidad y abundancia de elementos clásicos, con las tendencias modernistas y más tarde con elementos barrocos.

Tenemos que darnos cuenta de la gran influencia que ejerce los estilos arquitectónicos de toda Europa que ejerce en el nuestro ya que su conocimiento a través de las publicaciones y de los viajes hace que se implante con distintas características según la zona, los sucesos políticos y sociales así como el poder adquisitivo del nivel social. Así Grases Riera recibe una gran influencia europea a lo largo de su trayectoria profesional.

Es indudable la influencia de la Escuela de Arquitectura de Barcelona dada su situación geográfica, por ser un lugar por donde entra todas las innovaciones europeas, como se refleja en la trayectoria profesional de los arquitectos que han estudiado allí y que han realizado sus obras en el resto de España.

En España los diseños modernistas se dirigían hacia el embellecimiento de la vida cotidiana y de los objetos, dentro del contexto de la industria, que con la reproducción y los adelantos tecnológicos, comenzaron a generar cambios profundos en la concepción y sensibilidad artística planteando nuevas cuestiones en torno al arte. En general el modernismo une la decoración con la estructura y la función a través de los nuevos materiales y la tecnología, uniéndolos todos los oficios para conseguir obras singulares donde cada uno brille por su trabajo bien hecho, con la finalidad de conseguir que sean únicas.

El estilo nacional se fue formando con todas las tendencias que los arquitectos fueron plasmando en sus proyectos, a pesar de que muchos de los dibujos presentados a concursos nunca fueron construidos, pero les sirvió para definir como propio una mezcla de estilos-clásico, modernista, barroco francés-que se llamara ecléctico.

El modernismo navega como disyuntiva entre el arte y la técnica, y en palabras de Antonio Gaudí "Para hacer bien las cosas es necesario primero el amor y segundo la técnica" no debemos olvidarlo.



BIBLIOGRAFÍA

- Bohigas, Oriol . *ARQUITECTURA MODERNISTA* .ED: Lumen Barna 1968
- Navascues Palacio, Pedro *ARQUITECTURA Y ARQUITECTOS MADRILEÑOS DEL SIGLO XIX* ED: Instituto de Estudios Madrileños, Madrid 1973
- Sainz de Robles Federico Carlos .*BREVE HISTORIA DEL MADRILEÑO PALACIO DE LONGORIA* ED: Madrid 1975
- *ARQUITECTURA Y CLASES SOCIALES EN EL MADRID DEL SIGLO XX* Autor: Clementina Diez de Baldeón ED: Siglo Veintiuno Editores 1986
- Freixa, M *EL MODERNISMO EN ESPAÑA*, M ED: Cuadernos de Arte Cátedra 1986
- Guerra de la Vega Ramón *MADRID GUIA DE ARQUITECTURA 1900 - 1920* ED: Del autor 1990
- Fajardo Santiago *EL PALACIO DE LONGORIA. SEDE DE LA SOCIEDAD GENERAL DE AUTORES Y EDITORES*.ED: Madrid, fundación de autor 1999
- Da Rocha Aranda, Oscar, *EL MODERNISMO EN LA ARQUITECTURA MADRILEÑA. Génesis y desarrollo de una opción ecléctica* .Ed. Biblioteca de Historia del Arte. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid 2009.
- Rocha Aranda Oscar,Torres Neira Susana *ARQUITECTURA MADRILEÑA DEL ECLECTICISMO A LA MODERNIDAD JESÚS CARRASCO MUÑOZ 1867 – 1957* ED: La Librería
- María Diez Ibargoitia. *ARCHIVO ESPAÑOL DE ARTE, LXXXI, 321. ENERO-MARZO 2008* Centro de humanidades, CSIC.
- Navascues Palacio, Pedro. *ARQUITECTURA ESPAÑOLA (1808-1914)* p.537. Madrid Espasa Calpe, Col. Summa Artis, vol. XXV, 1993
- Navascues Palacio Pedro *ESTUDIOS PRO-ARTE* N° 5-1976.Artículo: *OPCIONES MODERNISTAS EN LA ARQUITECTURA MADRILEÑA*.
- López Ulloa Fabián. *José Grases Riera, en la innovación constructiva de Madrid del último tercio del siglo XIX y primeros años del XX*. Actas del Quinto Congreso Nacional de la Historia de la Construcción, Burgos 7-9 junio 2007,eds. M Arenillas, C. Segura, F. Bueno, S. Huerts, Madrid: I. Juan de Herrera.

Consultas en la WEB

- WWW. Soloarquitectura.com Fecha de consulta 23-5-12
- [WWW.arqweb.com](http://www.arqweb.com) Fecha de consulta 13-4-12
- www.todoarquitectura.com Fecha de consulta 12-3 12
- <http://www.arteespana.com/eclecticismo.htm> Fecha de consulta 6-4-12
- <http://www.arteespana.com/arquiteturamodernista.htm> Fecha de consulta **3-2-12**

DIFUSIÓN DE TRABAJOS REALIZADOS EN LA ESCUELA POLITÉCNICA DE CÁCERES SOBRE EL LEVANTAMIENTO DE EDIFICIOS

Juan SAUMELL LLADÓ

Universidad de Extremadura
Departamento de Expresión Gráfica

Resumen

Many End Degree Works have been developed in the Politecnic Center of the University of Extremadura in Cáceres city. About a hundred works contain unpublished graphic documentation about the collection of historical monuments. Cáceres is World Heritage from 1986. These and other similar works are presented with enclosed graphics, defining building volumetry. We organize the documentation for the spreading and webcasting and to establish a common strategy.

With the aid of the toolset, we have systematized the collected information, taking a photographic image of the ground plan. Afterwards, we translate to a vectorial software. From there, the image is translated to a cartographic GIS base. Informative reference to complementary data from the bulding is added, gained from researching the building, with precise localization, that can be used by researching people. Finally, we wanto to increase the sphere of activity to other heritage cities and GIS database.

INTRODUCCIÓN

Desde su inicio en la década de los años ochenta del siglo XX, en la Escuela Politécnica de Cáceres de la Universidad de Extremadura se han desarrollado cerca de un centenar de Trabajos Fin de Carrera en la Titulación de Arquitectura Técnica que contienen documentación gráfica, en gran parte inédita, de edificios incluidos en el entorno monumental de la ciudad de Cáceres, declarada Patrimonio de la Humanidad en 1986. Bajo diversos epígrafes como Toma de datos, Levantamiento, Estudio del estado actual y otros títulos análogos se recogen planos acotados, en plantas, alzados y secciones, que definen la volumetría del edificio. Se propone organizar esa documentación en orden a su difusión, facilitando que se pueda establecer una estrategia común, a partir de la información recogida.

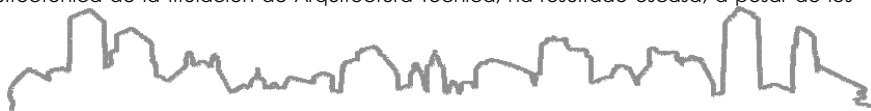
OBJETIVOS

En un primer momento, la recopilación servirá para esclarecer cuáles son los edificios que realmente están documentados. Esa tarea no resulta tan inmediata al faltar una base de datos gráfica común que permita identificar los edificios e implantarlos sobre el terreno. Eso ocurre debido a la variedad en la denominación de las calles a lo largo del tiempo, por un lado, y a la de los monumentos en sí, por otro lado. Por ejemplo, la calle Falangista Javier Fernández ha pasado a denominarse Roso de Luna, o Defensores del Alcázar es ahora la Gran Vía. Algo parecido ocurre con edificios singulares, que pueden aparecer como edificio singular genérico, sede de determinada institución o palacio de una familia concreta, que ostentó la titularidad en el pasado. En el campo de la arquitectura religiosa, puede aparecer como iglesia, parroquia o templo, por citar los más comunes, y apellidarse con el nombre del santo patrono o patrona titular o con los rectores de las actividades que se desarrollan en el edificio. O con el nombre del lugar. Esas indeterminaciones dejan de presentarse cuando el edificio está asentado en una parcela concreta de la ciudad, con una localización física inconfundible.

Esa tarea discriminatoria facilita la organización de futuros trabajos, tanto para evitar repeticiones, que se han producido, como para ir colmatando la planimetría en base a trabajos de escuela. Con esa labor se va obteniendo una base gráfica para su utilización en la investigación, con la posibilidad de ir actualizando y mejorando las propuestas recogidas.

CONTENIDO

Los estudios sobre el patrimonio arquitectónico de la ciudad son abundantes, fruto de un dilatado desarrollo a lo largo de los años, especialmente en el siglo XX. En este marco, la implantación de la Universidad de Extremadura en Cáceres y, especialmente, los estudios de Historia del Arte en el ámbito de las disciplinas de Filosofía y Letras, han supuesto un impulso notable. Algunos de estos estudios recogen referencias gráficas explícitas de los edificios (Lozano Bartolucci, 1980); otros se conforman con fotografías, la mayor parte del exterior de los edificios (Rubio, 1994). La relación entre los mencionados estudiosos del campo de la historia, procedentes de la Facultad de Filosofía y Letras, y los de la edificación, en las áreas de Construcción y de Expresión Gráfica Arquitectónica de la titulación de Arquitectura Técnica, ha resultado escasa, a pesar de los



esfuerzos de unos y otros por unificar esfuerzos, concretados en intercambios de conferenciantes en jornadas especializadas y cursos monográficos. El reciente traslado del archivo de la biblioteca de la Escuela Politécnica, con los trabajos de Arquitectura Técnica, ha favorecido el orden y la incorporación a ese interés documental por parte de la Biblioteca Central de la Universidad de Extremadura en Cáceres, que desde el principio se ha volcado en la resolución de los problemas que han ido surgiendo, poniendo al servicio de este trabajo la experiencia y el sentido profesional requerido.

La investigación, como se acaba de mencionar, ha sido terreno, hasta tiempos bien recientes, casi exclusivo de los docentes en Historia del Arte, en sus diversas vertientes, conscientes del valor histórico del patrimonio, por convicción y por formación. Además, están amparados por una dedicación en gran parte exclusiva a la docencia y a la investigación. Por otra parte, en el campo de la edificación y de la construcción, un elevado porcentaje de los profesores cuentan con dedicación parcial a la universidad, y con la necesidad de atender los trabajos profesionales ajenos a la docencia. En este sentido, la investigación ha quedado relegada a un segundo plano, o se ha centrado en materias técnicas con desarrollo en pruebas de laboratorio. Otros docentes con dedicación completa a las tareas universitarias por necesidades académicas, no han abandonado, en una postura acertada y sacrificada a la par, su actividad profesional paralela a la docencia. A la postre, esa implicación en la realidad edificatoria configuradora de la ciudad sigue siendo un valor añadido irremplazable. Gracias a esa armonía entre docencia, proyectos y direcciones de obra se ha logrado tutelar unos trabajos de documentación gráfica de alto nivel (Montes, 2010).

Hasta el cambio de siglo los Trabajos Fin de Carrera se presentaban únicamente en formato papel, con el riesgo de su pérdida con el transcurrir del tiempo. También se recogían fotografías, muchas de ellas conservadas, tanto en impresión en papel como en sus negativos o diapositivas. Esos contenidos están relativamente documentados. Una primera recopilación ordenada de los trabajos archivados la inició un alumno de la Escuela Politécnica (Prieto 2000, ver figura 1) mediante una base de datos que incorporaba a los títulos del proyecto otros datos: numeración correlativa, fecha del trabajo, número de expediente del autor, nombre del autor, localidad, clasificación, edad del edificio, tipología constructiva, uso, tutor, documentación recogida en el trabajo (memoria, planos, fotografías y/o diapositivas, según los trabajos, calificación, y signatura que permite su localización en el archivo bibliotecario.

UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA ARQUITECTURA TÉCNICA		FICHA DE PROYECTO	
NUMERO DE PROYECTO:	565	FECHA:	septiembre 1936
		NUMERO DE EXPEDIENTE:	1353
TITULO:	LEVANTAMIENTO DEL ESTADO ACTUAL Y ESTUDIO DE PATOLOGIAS DE LA IGLESIA PARROQUIAL DE SAN MATEO		
AUTOR:	REDONDO ARTERO, Risd		
LOCALIZACIÓN:	CACERES		
CLASIFICACIÓN:	ESTUDIO Y/O PLAN DE SEGURIDAD		
TIPO DE PROYECTO:	Edad:	HISTORICO ANTIGUO	
	Estructura:	MAMPOSTERIA	
	Uso:	RELIGIOSO	
TUTOR:	MIGUEL HURTADO URRUTIA		
DOCUMENTACIÓN:	MEMORIA PLANOS FOTOGRAFIAS DIAPOSITIVAS		
CALIFICACIÓN:	7.5	NOTABLE	SIGNATURA: TFCAT-565 (1-2)
OBSERVACIONES:			

Fig 1. Ficha tipo de la base de datos original. 2000: Prieto

En base a esos datos, se sistematizaron en una tabla (ver figura 2), ante la imposibilidad de verterlos directamente, por la obsolescencia del soporte informático utilizado, seleccionando los datos que se consideraban más relevantes para la investigación futura: número de orden en el archivo (para su localización), año de ejecución (que permitiría advertir modificaciones o reformas posteriores), uso (combinando el título con el contenido del trabajo), denominación (tanto del propietario que le ha dado nombre, como del titular que lo ha hecho más popular), localidad y provincia, código postal y coordenadas (en fase de actualización), contenido del trabajo, formato (en papel, en general, indicando de los que se ha sacado, por lo menos, una imagen significativa de una planta tipo), título (recogiendo las dos primeras letras del título con el que viene archivado), autor, tutor y escala de detalle en la que se ha documentado (que suele estar entre 1/100 y 1/50).

La localización precisa (ver figura 5), permitirá el uso de otros investigadores, compaginando la protección de la autoría de los trabajos, citando la fuente originaria, con la difusión de los mismos. En cualquier caso, la información difundida a través de las redes telemáticas es una parte ínfima respecto al contenido del trabajo, para cuya consulta se requiere acudir a la fuente original.

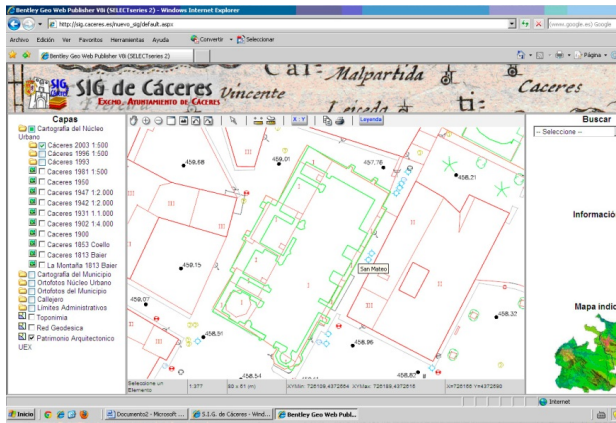


Fig 5 Detalle de la web del SIG municipal. 2012. Ayuntamiento de Cáceres

CONCLUSIONES

La procedencia de los trabajos recogidos, y la posibilidad de aumentar el ámbito geográfico a otros núcleos patrimoniales y soportes SIG de alcance supramunicipal permite poner al alcance de un público amplio un trabajo archivado de alto interés edificatorio. La incidencia de la expresión gráfica en la investigación resulta determinante, en una participación multidisciplinar de la difusión del patrimonio edificado. De hecho, se están recogiendo trabajos análogos realizados en el Centro Universitario de Mérida, de la misma Universidad de Extremadura, y se pretende continuar con otros archivos gráficos como los del los Colegios de Arquitectos de Extremadura y de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de Badajoz y Cáceres, así como de archivos gráficos municipales y supramunicipales.

Referencias bibliográficas:

Ayuntamiento de Cáceres 2012. SIG.< <http://sig.ayto-caceres.es/>>, visitada el 12 de febrero de 2012

Lozano, M, 1980, *El desarrollo urbanístico de Cáceres (siglos XVI-XIX)*, Universidad de Extremadura, Cáceres

Montes, C, 2010, "Investigación, dibujo y conocimiento", *Actas 13 Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*, Universitat Politècnica de València, València

Prieto, F, 2000, *Base de datos de TFC-AT*, Universidad de Extremadura, Cáceres

Rubio, J, 1994. *Cáceres*, Everest, León

JAIME ROIG: LA COTA CERO

Carla SENTIERI OMARREMENTERÍA
Raul CASTELLANOS GÓMEZ

Universidad Politécnica de Valencia
Departamento de Proyectos Arquitectónicos

Resumen

El estudio gráfico y fotográfico de la planta baja de una calle, de una serie de intervenciones, la mayor parte de ellas destinada a vivienda colectiva, que se desarrollaron durante los años 60 en un lugar muy concreto de la ciudad de Valencia: en la calle Jaime Roig, permite profundizar en los mecanismos arquitectónicos de transición entre el espacio público y privado. Así mismo, se convierte en una fuente de reflexión sobre la necesidad del dibujo, de la expresión gráfica, para poder representar el espacio que es difícil de describir con palabras.

Se trata de una zona de edificación abierta, carente de un buen planeamiento urbanístico, que pese a las carencias propias de una época, y gracias al buen hacer de una serie de arquitectos contribuyó a crear una parte de ciudad que podría constituir un modelo de ciudad concentrada tal y como lo define Carles Marfí (2001).

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se centra en el estudio de la planta baja de una calle, en una serie de intervenciones, la mayor parte de ellas destinada a vivienda colectiva, que se desarrollaron durante los años 60 en un lugar muy concreto de la ciudad de Valencia. Parte de la tesis realizada por Pérez Igualada (2005) para enfatizar los aspectos arquitectónicos y espaciales a partir de los aspectos urbanos recogidos y analizados por él.

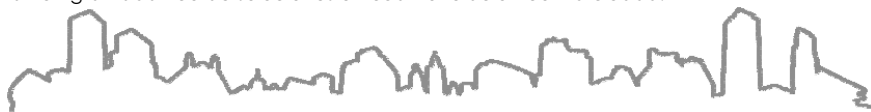
La elección de esta zona de Valencia, como ámbito espacial del presente trabajo se debe, además de a razones obvias de facilidad de acceso a las fuentes, a la voluntad de aportar datos que contribuyan a un conocimiento más detallado de la arquitectura y los arquitectos de la ciudad de Valencia - en continuidad con los trabajos de Peñín (1978), Torres (1998), Jordá (2007) y Palomares (2010), entre otros- y al convencimiento, de que, pese a las carencias propias de una época, el buen hacer de una serie de arquitectos contribuyó a crear una parte de ciudad que podría constituir un modelo de ciudad tal y como lo define Carles Marfí (1991).

Primeramente, se reflexiona sobre la calle Jaime Roig dentro del contexto de la ciudad, el porqué de su configuración y de la edificación que la constituye. ¿Por qué se constituye como un hecho aislado dentro de esa zona de la ciudad? Posteriormente se analiza gráficamente cada una de las edificaciones en planta baja. Y finalmente, se realiza un plano de toda la calle, para evidenciar mediante el dibujo de éste, determinadas cuestiones como son: la relación entre la calle y la edificación, los zaguanes, la transición entre el espacio exterior y el interior y la continuidad espacial y visual de éstos con los espacios libres de la parcela.

El interés de estas arquitecturas, pertenecientes a una determinada etapa, muestran las influencias de una arquitectura internacional, que se desarrollaba más allá de nuestras fronteras tal y como recoge Ana Maluenda (2001). Supone una reflexión sobre la influencia de estas arquitecturas y una reflexión sobre el tema de la vivienda, que puede abrir nuevas miradas, en relación con trabajos ya realizados en Barcelona dirigidos por Xavier Monteys (1987) y la muestra de arquitectura producida sobre las obras realizadas en la década de los cincuenta en Barcelona.

Una serie de arquitectos locales que se reconocían por sus inquietudes arquitectónicas y búsqueda de una estética que valoraba lo que el movimiento moderno había planteado en su momento dejan construida una zona que refleja los intereses del momento. Durante el desarrollo del trabajo, se confirma que las entonces nuevas construcciones de edificación abierta, aportaban de manera práctica un especial interés por el entendimiento del objeto arquitectónico en relación con la ciudad.

Siendo el trabajo parte de una investigación de mayor dimensión, este artículo centró el objeto de análisis en la elaboración de un plano de forma cronológica y en entender cuál era el origen de estas edificaciones y su relación con la calle, estableciendo la cota cero, las plantas bajas de estas edificaciones como punto de partida. Por una parte estos edificios no han sido suficientemente recuperados, por otro lado, a pesar de existir algunas publicaciones con las plantas tipo, son casi inexistentes las publicaciones con las plantas bajas y como objeto de estudio aportan un gran abanico de soluciones en cuánto relación con la ciudad.



Al iniciar este trabajo con el estudio de la C/ Jaime Roig, los autores que se presentan vienen determinados por su presencia en dicha zona, delimitada por las calles Jaime Roig, Botánico Cavanilles y las perpendiculares a ambas: Joan Martorell, Alvaro de Bazán, El Bachiller y la Plaza Músico Albeniz.

En cuanto a fechas, los ejemplos que se muestran pertenecen a una etapa, desde la aparición de la primera edificación considerada edificación abierta, en 1957, hasta 1973. El trabajo se centra en la C/ Jaime Roig y Botánico Cavanilles, aportando la posibilidad de presentar distintos proyectos como si fueran eslabones que cronológicamente se interrelacionan y unen conformando una calle, que quedó como muestra de las ideas urbanísticas y arquitectónicas de una época y una ciudad, cuyo crecimiento no continuó con los mismos planteamientos.

No se estudian todas las intervenciones de dicha calle, sino aquellas que creemos merecen una especial atención, bien por la calidad arquitectónica de las mismas o por su influencia en la conformación de la calle, siendo los autores de las mismas, por orden de intervención en el lugar: Pablo Navarro - Julio Trullenque, Luis Gutierrez Soto, Fernando Martínez García Ordoñez, Joaquín García- Vicente Valls, Cayetano Borso - Rafael Contel, Luis Pellegrero, Luis Marés, Ramón López-Rafael Vidal, Manuel Peris- Luis Costa y Cosme Vidal Vidal.

Por una parte, existe una gran escasez de publicaciones sobre el tema, por otra, se ha encontrado una cantidad significativa de información que se conserva fundamentalmente en los archivos municipales de esta ciudad y que se complementa con la información localizada a través de las revistas de la época. Por eso considero que una porción importante de la contribución de esta investigación es el hecho de rescatar, analizar y poner por escrito lo que este material sugiere en la habilidad de resolver el encuentro de las edificaciones residenciales con la calle, poniendo en valor determinados intereses urbanos, sociales- tal y como describe Rybczynski (1989) en su libro "La casa. Historia de una idea"-, tectónicos y geométricos que desarrollaron algunos arquitectos valencianos de esta época.

Acompañando el texto, y sumándose al valioso material gráfico que se recupera de los diferentes archivos se han realizado dibujos arquitectónicos, y fotografías que ayudan a conseguir comunicar y hacer evidente la calidad espacial de los distintos proyectos, complementando la información de cada proyecto.

OBJETIVOS

El interés de estas arquitecturas, pertenecientes a una determinada etapa, muestran las influencias de una arquitectura internacional, que se desarrollaba más allá de nuestras fronteras. Supone una reflexión sobre la influencia de estas arquitecturas y una investigación sobre el tema de la vivienda en la línea planteada por el equipo de investigación catalán: Rehabitar dirigido por Xavier Monteys (2012), que puede abrir nuevas miradas.

Durante el desarrollo del trabajo, se confirma que las entonces nuevas construcciones de edificación abierta, aportaban de manera práctica un especial interés por el entendimiento del objeto arquitectónico en relación con la ciudad. De igual manera que Evans (2005) defiende la teoría nacida en el corazón mismo de la disciplina, es decir de la representación, los dibujos de las plantas bajas de Jaime Roig se convirtieron en el hilo conductor del trabajo.

El análisis gráfico, empleado más como herramienta proyectual, que como herramienta de representación ha sido prioritario, y tal como define Martí (2001) pertenece a una forma de conocimiento que surge de la acción y se desarrolla con el propio hacer. Dibujar de nuevo cada una de las plantas, con nuevos criterios gráficos, surge ante la necesidad de describir esas transiciones a través de los pavimentos, los porches o los desniveles. ¿Es posible describir la arquitectura solo con palabras? ¿No describen mejor las plantas y secciones el espacio que cualquier texto? Como explica Martí (2001), este proyectar, redibujar, comporta un proceso dialéctico entre el pensamiento y la acción que se mantiene siempre abierto, y que requiere de nuevos planos para describir nuevos conceptos.

Redibujar cada una de las plantas bajas de estas edificaciones, y la elaboración de un plano conjunto, permite establecer visualmente unas conclusiones sobre la relación del espacio público y privado. Aun tratándose de espacios residuales, los responsables de realizar estos edificios en parcelas con una alta edificabilidad, y acuciados por unos intereses particulares, demostraron un oficio basado en el conocimiento del proceso constructivo y en la renovación tecnológica como manera de resolver los cada vez más complejos requerimientos y usos exigidos, en busca de una mayor eficacia de los edificios como soporte de la actividad residencial a la que estaban destinados.

METODOLOGÍA

La metodología empleada para esta investigación ha consistido en el redibujo de todas las plantas de cada una de las edificaciones presentes en la calle. Mediante la información obtenida en los archivos municipales de Valencia, y algunas informaciones de los habitantes de las mismas, se han levantado las plantas bajas de cada una de las edificaciones. Se ha constatado in situ la correspondencia con las mismas, observando muchas modificaciones respecto a los proyectos originales y se ha optado por dibujar los proyectos construidos. Se ha fotografiado cada una de las edificaciones: los zaguanes, jardines, parcelas... para complementar la información gráfica.

RESULTADOS

El área residencial objeto de estudio, responde al modelo calificado por Marfí (1991) como ciudad concentrada. El modelo de ciudad concentrada asume como datos de partida la alta densidad y la construcción de grandes edificios colectivos con viviendas principalmente de alquiler. Estos edificios pueden asumir la forma de manzanas cerradas con edificación perimetral continua y espacios libres interiores, como las experiencias de Amsterdam, Viena o Hamburgo, o la de edificación abierta a base de bloques aislados, resultado de la agregación de células elementales de vivienda. Marfí ha puesto de relieve el hecho de que las propuestas residenciales de la cultura moderna, se caracterizan, tanto en el frente de la ciudad jardín como en el de la ciudad concentrada, por el intento de restablecer una relación equilibrada entre edificación y espacio libre que se había perdido como consecuencia de los procesos especulativos ligados a la formación de la ciudad industrial, causantes de una degradación en las condiciones de vida urbanas.

Los principios de la edificación abierta en Valencia, que están ligados al modelo de ciudad jardín como soporte de la vivienda obrera, y su papel en el crecimiento urbano de Valencia del período comprendido entre 1856 y 1936 han sido estudiados por Juan Blat (2000). Parte de la edificación abierta de Valencia, que es la integrada en conjuntos residenciales de promoción pública, ha sido estudiada por Fernando Gaja (1987) entre otros. Y como continuación de ese trabajo, como ya hemos dicho, se podría englobar la tesis realizada por Javier Perez Iguualada (2005) denominada *La ciudad de la edificación abierta, 1946-1988* de la que parte esta introducción para situar la zona referenciada dentro del planeamiento de la época. Y que resumimos a continuación para contextualizar el punto de partida del trabajo.

El Plan de Ordenación Urbana de Valencia y su Cintura, redactado por un equipo dirigido por Germán Valentín Gamazo, fue aprobado definitivamente el 18 de diciembre de 1946. El planeamiento parcial de desarrollo del Plan de 1946 se redacta con dos denominaciones: Proyectos Parciales de Desarrollo y Hojas. La zona objeto de este trabajo aparece en la Hoja 11, en un plan parcial de área de edificación abierta denominada "Nuevo Barrio entre el Camino de Tránsitos, Paseo de Valencia al Mar y Acceso de Barcelona", redactado en 1952 por arquitectos de la Oficina Técnica Municipal de Urbanismo y aprobado en 1956 por la Comisión Central de Sanidad Local, sin embargo, no se conservó ninguno de los elementos integrantes de la ordenación de este Nuevo Barrio.

El plano Parcial nº 11 ordena el área limitada por el Camino de Tránsitos al norte, por el Paseo de la Alameda (margen izquierda del Río Turia) al sur, por el nuevo acceso de Barcelona (actual Avenida de Aragón) al este y por la calle General Elio/ Botánico Cavanilles (jardines de los Viveros Municipales) al oeste. En este plano, se encuentran en el lado norte del Paseo al Mar, las dos primeras manzanas situadas entre las calles Jaime Roig y Botánico Cavanilles, las llamadas Casas de los Periodistas de 1934-36, formadas por viviendas unifamiliares, y que constituyen el inicio del desarrollo de esta zona. La manzana colindante será la primera objeto del trabajo, de la nueva zona residencial que iba a desarrollarse en años sucesivos junto a los jardines de viveros y las nuevas facultades, y en ella tanto la forma de los edificios como su inserción en la manzana muestran un cambio importante con respecto a los primeros planteamientos de la edificación abierta en Valencia. Así en lugar de bloques lineales entre zonas verdes públicas, el modelo que se adoptará para esta zona será el de edificación abierta en forma de torres o bloques aislados dotados de zonas ajardinadas privadas y garajes subterráneos. Estas zonas ajardinadas son por lo general meros espacios intersticiales resultantes de la separación a lindes de los edificios.

Tras sucesivas revisiones del Plan Parcial, el plano parcial nº11, aprobado definitivamente por el ministerio de la Vivienda el 29 de diciembre de 1960, es el único planeamiento parcial formalmente en vigor para la zona en los catorce años que transcurren entre 1960 y 1974, ya que la tramitación para la aprobación de la nueva versión del plan parcial nº 11, redactada en 1968, se alarga hasta esa última fecha.

Los objetivos del Plan parcial de 1960 están claramente expresados en su memoria:

Así pues, el objeto de este estudio es simplemente ordenar en lo posible todo lo existente y crear, hoy más bien completar por haberse ya iniciado, una zona de edificación abierta al norte del Paseo de Valencia al Mar de carácter residencial propio y muy apto para la clase intelectual, que la concentración de edificios de enseñanza



superior señala como habitante probable de la zona.

Desde el mismo momento de su aprobación definitiva, el 29-12-1960, el Plan Parcial 11 estuvo sujeto a modificaciones parciales permanentes derivadas de solicitudes de particulares, hasta el punto de que, prácticamente, cada nueva petición de licencia de obras para un proyecto de edificación implicaba, por regla general, una sustitución de las alineaciones oficiales por otras diferentes. No es el objeto del trabajo las modificaciones que introduce con respecto al plan de 1958, que están ampliamente desarrolladas en la tesis citada de Javier Pérez Iguualada. Por el contrario, el objetivo del trabajo es evidenciar mediante el análisis gráfico de estas edificaciones en conjunto, cuales son las cualidades que se desprenden de ellas y los espacios que se generan. Se trata de utilizar el dibujo, para poder describir aquellas cuestiones, que solo mediante él mismo es posible describir. Por ello, cuando se dibujan estas construcciones en su planta baja, grafando los espacios libres en continuidad, sin los límites de las parcelas, se puede apreciar la existencia de unos espacios vacíos que se prolongan más allá de los límites de las mismas, y a pesar de tratarse de espacios residuales, en su continuidad física, provocan un continuo visual que modifica la percepción de la calle, dotándola de unas cualidades probablemente no previstas, pero existentes.

La investigación comienza buscando la información necesaria para poder elaborar el plano base de la cota cero. A partir del artículo de Joan Ravetllat (2009, p.1), que cito casi textualmente, comienza la presentación de estas arquitecturas y la elaboración del plano base sobre el que continuar la investigación.

La planta baja define el punto de contacto entre un edificio y el entorno urbano que le rodea. Ésta es una zona extremadamente sensible, y especialmente reveladora del inevitable acuerdo que se ha de producir entre ambos. En la planta baja encontramos un acuerdo plagado de decisiones fundamentales. [...] Todos estos aspectos son importantes pero hay uno especialmente atractivo y que específicamente atañe a los edificios residenciales: la transición del espacio exterior al interior o privado, o dicho de otra manera las estrategias que hacen posible el ritual del acceso.

A través de los edificios de la calle Jaime Roig se reflexiona sobre estas cuestiones. Las plantas bajas de cada uno de estos edificios sirven como presentación de estas construcciones y a través de los dibujos y las fotografías de estos espacios se puede apreciar cuáles son los mecanismos mediante los que se produce la transición del espacio público al espacio privado. Contemplando el conjunto de estos inmuebles puede verse el esfuerzo en provocar mecanismos de conexión entre el espacio exterior y el interior. El empleo de porches, pavimentos que se prolongan desde el exterior al interior, espacios cubiertos pero abiertos, dan muestras de la preocupación por establecer una transición determinada, que permitiese que el paso desde el espacio público hasta la vivienda se produjese de forma gradual.

Dado el gran número de edificaciones, se analizan tres de ellas por orden cronológico y se recogen todas las plantas en un plano general donde se abordan las conclusiones.

1957

Propietario: Empresa Nacional "ELCANO"

Situación. C/Botánico Cavanilles/General Elio esquina Alvaro de Bazán

Arquitectos: Luis Gutierrez-Soto



Fig 1. Planta vivienda Botánico Cavanilles nº 14-16. 1957. Dibujo y fotografías: Carla Sentieri

De la memoria de proyecto se extrae la siguiente información:

Se trata de una construcción de un bloque de 2 casas destinadas a viviendas, situado en la ciudad de Valencia, emplazado en la Av. General Elio c/v. a la calle nº 133, propiedad de la "Empresa Nacional Elcano".

El solar donde ha de ser construido el edificio no se edifica totalmente sino que parte de él se destina a jardines según se señala en la planta.

Los edificios que se han proyectado, constan de planta de sótanos, planta baja, siete plantas de pisos y planta de áticos.

Las dos edificaciones son simétricas efectuándose el acceso a través de portales independientes y la distribución de cada uno de los edificios en las diversas plantas es la siguiente:

En la planta de sótano se ha proyectado un garaje con acceso al mismo a través de una rampa de entrada por la calle del General Elio hasta llegar al nivel que se encuentra la cota de esta planta, con sus correspondientes cuartos de aseo y cuarto almacén. En la planta baja se efectúan los accesos a cada una de las fincas situando los dos portales en los extremos de la edificación a través de un gran porche según se señala en el plano correspondiente; distribuyéndose en portal, hall de distribución; núcleo de escalera, ascensores y montacargas, portero, entrada independiente de servicio cuarto de coches de niños, vivienda de portero que consta de cocina, comedor, dormitorios y cuarto de aseo con ducha.

En la parte posterior de cada uno de los bloques se ha proyectado una vivienda La circulación de servicio se efectúa a través de una galería al patio abierto.

Cada uno de los edificios consta de 2 viviendas por planta, siendo simétricas e idénticas las de las dos edificaciones. La distribución en planta de cada edificio, consta de núcleo general de distribución con vestíbulo de ascensores, escalera de acceso a las diversas plantas, ascensores y montacargas, y zona de acceso de servicio a través de la galería al patio abierto.

La planta de áticos se retranquea de la línea de fachada según los límites que indican las Ordenanzas Municipales distribuyéndose cada finca en dos viviendas de menor superficie.

En este caso la edificación establece un plano de apoyo, mediante un pavimento diferente al de la acera. Se marca el acceso desde la calle al porche que comunica con los zaguanes. Bajo este porche, en la zona central, se encuentra la rampa de acceso al garaje. A ambos lados de la rampa se encuentran dos zaguanes simétricos, con un núcleo de comunicación que consta de escalera y ascensor, permitiendo el acceso a una vivienda por planta para cada uno de ellos. Es este pavimento en el que acompaña a un segundo espacio, ligeramente más elevado del anterior que marca la zona de entrada a los zaguanes. Esta zona se encuentra más resguardada gracias a una carpintería con un vidrio, que no impidiendo la relación visual, resguarda del viento. Ya se trata de un espacio más privado, pero todavía exterior. Se pasa a los zaguanes que dan acceso a una vivienda en planta baja y a siete viviendas más en los pisos superiores. La parcela está vallada en su linde con la calle por un murete bajo de piedra, que permite una relación visual con la calle.

Por las partes laterales la valla se hace alta para garantizar la privacidad de las viviendas en planta baja.

El jardín se trata con un pavimento de losas de piedra que permiten los pasos.

El empleo de jardineras en las zonas de porche y marcando la rampa del garaje son característicos de la época.

1962

Propietario: Jesús Cadahía y quince señores más

Situación. C/Jaime Roig (camino nuevo de Alboraya)

Arquitectos: GO.DB (Fernando Martínez García Ordoñez y Dexeus Beatty)

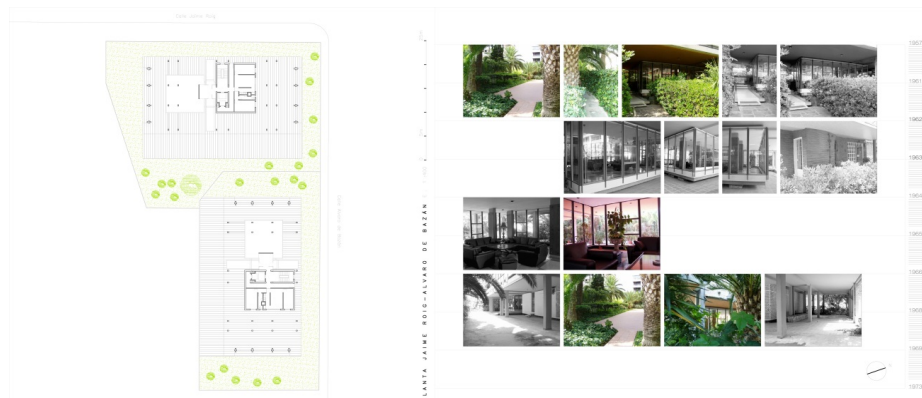


Fig 2. Planta vivienda Alvaro de Bazán nº 8 y Jaime Roig nº 12. 1962-1963. Dibujo y fotografías: Carla Sentieri

De la memoria del proyecto:



Se trata de un edificio residencial acogido a la Ley de Renta Limitada Grupo 1º en régimen de copropietarios, sito en calle en proyecto perpendicular al Camino de Alboraya y lindante al Colegio Alemán de esta ciudad, en terrenos propiedad de D. Jesús Cadahía y quince Sres. más.

El edificio consta de ocho plantas con dos viviendas pareadas por planta y un total de 16 viviendas.

La planta baja se destina en una mitad aproximadamente a vivienda de portero, y el resto a los establecimientos de los servicios comunes propios de la escalera y extensa zona cubierta y ajardinada, que se utilizará como lugar de estancia y recreo para los niños que en el mismo edificio habitan. Cuenta con un sótano donde además de unos locales destinados a trasteros, se ubicarán los coches propiedad de los vecinos.

Como se puede observar en planta baja, la mitad de la planta se destina a vivienda de portero y el resto a zonas comunes. Destaca la zona central, configurada como un cuerpo acristalado exento. Se trata como una sala de estar con todos sus detalles: desde el mobiliario hasta la iluminación, permitiendo imaginar el tipo de relación y de lugar que se buscaba. No se trata de un zaguán como se puede entender hoy, como un sitio de paso, sino un lugar de estancia; una sala en la que pasar las tardes mientras los niños jugaban bajo el porche.

Una pasarela avanza hacia la calle para recoger al transeúnte, y para acercarlo desde la calle e introducirlo en la vivienda; se trata de un espacio cubierto pero abierto y se construye como elemento independiente de la vivienda del portero y de la sala de estar. La claridad constructiva de cada uno de los elementos permite una lectura continua del espacio; se trata de un gran porche bajo el cual se hayan dispuestos distintos elementos.: la sala de estar, la vivienda y la pasarela.

1966

Propietario: Luis de Cordova y otros

Situación. C/Jaime Roig nº 25

Arquitectos: Luis Marés Feliu

Arquitectos técnicos: G. Canellas, I.B. López y D. Chornet



Fig 3. Planta vivienda Jaime Roig nº 25. 1966. Dibujo y fotografías: Carla Sentieri

De la memoria del proyecto:

Finalizada la construcción en 1969 por encargo de D. Luis de Cordova y otros tenía la misión de albergar 55 viviendas y locales comerciales en unos terrenos contiguos al templo San Isidoro en Valencia. Su emplazamiento al límite de la calle, casi al final de Jaime Roig, cerca de la Avenida Primado Reig. El Ayuntamiento tenía definido un volumen a edificar pero se optó por disminuir dicho volumen mediante la creación de dos bloques paralelos.

El edificio consta de sótano, planta baja, planta de piso 1º (comercial) y 11 plantas idénticas de viviendas (5 viviendas por planta).

El edificio se organiza mediante dos bloques independientes. Uno con dos viviendas por planta y el otro con tres viviendas por planta. El bloque de dos viviendas por planta se organiza mediante un núcleo de escalera y ascensor de servicio compartido, y dos ascensores principales. El otro bloque mediante tres núcleos de servicio (escalera y ascensor de servicio) y tres ascensores principales. Este esquema permite que el acceso a las viviendas mediante el ascensor principal sea independiente. Y que la vivienda de organice alrededor del ascensor principal con una circulación continua y una clara y sencilla separación por funciones o zonas: estancia, reposo y servicio como se cita en la memoria de proyecto.

El vestíbulo es un espacio que se abre al exterior por dos de sus lados mientras que a través de los otros dos se accede a los núcleos de comunicación. Su forma y dimensiones corresponde al patio que separa los dos bloques de viviendas donde vuelcan las cocinas, tendaderos, la zona de servicio de todas las viviendas. Funciona además de cómo ámbito de ingreso al edificio como permeable lugar de paso y espacio porticado en relación a las áreas exteriores que se establecen a su alrededor.

Es un espacio pasante, que comunica con un jardín en la parte posterior, de forma que podría entenderse como espacio público cubierto, aunque se trata de un espacio interior, perteneciente a las viviendas, a lo doméstico. Se trata de un lugar para ser habitado para "estar". El amueblamiento del mismo, con unos sofás amplios con una lámpara, es un lugar que invita a estar, a esperar tranquilamente. De hecho si se observan las plantas y las fotografías que existen sobre este proyecto, nos damos cuenta del especial esmero con que se aborda la definición de este espacio y de su doble carácter doméstico-público.

A través de los pavimentos y los paramentos verticales, vemos un claro cuidado en el tratamiento de estos espacios de transición. Nada más abandonar la calle, el pavimento se transforma en un terrazo in situ que se prolonga en toda la planta hasta llegar al cerramiento. Al llegar al límite entre el espacio exterior e interior, un cerramiento de vidrio compuesto por hornacinas del mismo material, donde se encuentra la iluminación, se produce el cambio de materiales en los dos planos: en el vertical y en el horizontal. Por una parte, en el plano vertical, las piezas prefabricadas cerámicas que conforman el acabado del cerramiento de fachada son sustituidas por paneles de madera en los pasillos que nos llevan hasta los ascensores y unas piezas cerámicas a modo de elementos decorativos, en el espacio central. El pavimento se transforma en dos materiales marcando esos recorridos: moqueta en las zonas centrales y caucho estriado de color negro en las bandas laterales. Ambos materiales son utilizados de una forma perversa evidenciando la domesticidad del lugar. La moqueta se utiliza en los pasos, mientras que el caucho estriado de color negro, pavimento mucho más resistente, se utiliza en las franjas que lindan con los paramentos, por donde no se pasa.

Este espacio pasante conecta la parte de acceso con un patio con vegetación al fondo donde el pavimento vuelve a transformarse en el de la entrada.

Así pues, podemos hablar de tres ámbitos: el primer ámbito conformado por el espacio exterior, pero ya privado, donde las jardineras y el pavimento establecen un primer grado de domesticidad, un segundo espacio a cubierto, donde un felpudo avanza, insertándose en el pavimento de terrazo para recoger al visitante, y un tercer y último lugar, ya propiamente doméstico, climatizado, y amueblado para la espera tranquila.

CONCLUSIONES

La elaboración de este plano, permite constatar algunas de las apreciaciones visuales que se tienen al deambular por la calle. Siendo espacios residuales, mantienen unas relaciones visuales con el espacio público, que convierten la calle en un espacio mejor cualificado de lo que cualquier teoría previa podría determinar.

Lo que se evidenciaba en el análisis urbanístico, realizado por Perez Igualada (2005), se confirma, pero se descubre, como la arquitectura es capaz de devolver a la ciudad aquello que el urbanismo no había conseguido. A pesar de la falta de planteamiento unitario, y la discontinuidad que provoca la diferencia de cotas con respecto a la calle de cada una de estas edificaciones, se podría afirmar que es una calle que tiene una calidad espacial que sólo se pueden explicar atendiendo al análisis pormenorizado y detallado de cada una de sus edificaciones en relación con el espacio de la calle.

El análisis gráfico permite ir deteniéndose en cada uno de los elementos que conforman las transiciones entre el espacio público y el privado y son los que a su vez están cualificando esa calle y por la tanto esta ciudad.



Fig 4. Planta viviendas calles Jaime Roig y Botánico Cavanilles. 1957-1973. Dibujo: Carla Sentieri

Bibliographic references

Blat, J. 2000, *Vivienda obrera y crecimiento urbano (Valencia 1856-1936)*, Generalitat Valenciana, Conselleria de Obres



- Públiques, Urbanisme i Transports, Colegio Oficial de Arquitectos de la Comunidad Valenciana, Valencia
- Chico, J, Monteys, X, 1987, "La arquitectura moderna en la Barcelona de los años cincuenta", *La arquitectura de los años cincuenta en Barcelona*, M.O.P.U. Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones, Barcelona
- Evans, R, 2005, *Traducciones*, Pre-textos de arquitectura, Girona.
- Gaja, F, 1989, *La promoción pública de la vivienda en Valencia (1939-1976)*, Generalitat Valenciana, Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports, Valencia
- Jordá, C, 1997, *Siglo XX. Veinte obras de arquitectura moderna valenciana*, Eds COPUT/COACV, Valencia
- Jorda, C, 2007, *Vivienda Moderna en la Comunidad Valenciana*, Idea y Media Comunicación S.L, Valencia
- Martí, C, 2001, "La cimbra y el arco: una nota sobre la investigación en arquitectura", *Circo*, nº 93, p.2.
- Martí, C, 1991,, "Las formas de la residencia de la ciudad moderna", Servicio de Publicaciones de la UPC, Barcelona
- Maluenda, A, 2000, "¿Modernidad o tradición? El papel de la R.N.A. y el B.D.G.A. en el debate sobre las tendencias estilísticas de la arquitectura española", Sección III: la incipiente reflexión teórica, Pamplona
- Monteys
- Monteys, X, 2012, *Domesticar la calle*, Grupo de investigación Rehabitar, <<http://www.habitar.upc.edu/difusion/>>
- Palomares, M, 2010, *La producción experimental de G.O.DB arquitectos*, Tesis doctoral, Valencia.
- Peñin, A, 1978, *Valencia. 1874-1959. Ciudad, arquitectura y arquitectos*, Ed. ETSAV, Valencia.
- Perez Igualada, J, 2005, *La ciudad de la edificación abierta Valencia, 1964-1988*, Tesis doctoral, Valencia.
- Torres, J, 1998, "Valencia moderna. Del eclecticismo a la Tendencia", *Arquitectura Viva*, nº 61
- Ravetllat, P, 2005, La planta baja: una intersección entre el edificio y la ciudad, *Documents Projectes Arquitectura* nº 21, pp. 26-31.
- Rybczynski, W, 1989, *La casa. Historia de una idea*, Nerea, San Sebastián.

EL TRAZADO DEL TEATRO ROMANO DE MÉRIDA

Antonio Manuel SINTAS MARTÍNEZ

Universidad Politécnica de Valencia
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica

INTRODUCCIÓN

El teatro romano de Mérida es uno de los principales ejemplos de este tipo de edificios en el territorio de las antiguas provincias de la Hispania romana y constituye un referente esencial de la arquitectura teatral de época imperial. Erigido a finales del siglo I a.C. con unas características arquitectónicas que se pueden calificar como ortodoxas en el conjunto de su tipología, el ejemplo emeritense ofrece en todo momento una magnífica oportunidad para avanzar en el estudio de esta tipología edilicia, particularmente en lo que respecta al proceso de implantación de los edificios, gracias al buen estado de conservación de sus estructuras y al hecho de que las remodelaciones llevadas a cabo a lo largo de su vida útil no alteraron sus trazas originales.

A lo largo de las últimas décadas se han logrado importantes avances en lo concerniente al trazado de los teatros romanos. Los principales autores que han tratado esta cuestión han tenido en cuenta el ejemplo de Mérida para elaborar sus propuestas, pero las investigaciones no han sido en el caso emeritense todo lo provechosas que cabía esperar, debido en parte al déficit que presentaba la información gráfica manejada por estos autores. Como se ha puesto de manifiesto en numerosas ocasiones, la investigación de los trazados en la arquitectura requiere de una documentación gráfica suficientemente fiable. En el caso de los teatros romanos, cuyas características formales responden, además, claramente a planteamientos de carácter geométrico, este requerimiento es absolutamente ineludible.

Actualmente, disponemos de una información gráfica del teatro romano de Mérida completamente renovada, gracias a los estudios realizados desde 2005 sobre el conjunto monumental emeritense (Röring 2010, p. 163). Esta nueva situación era la propicia para retomar los estudios relativos al trazado de este edificio, una tarea que hemos emprendido revisando primeramente las propuestas elaboradas por los autores que nos han precedido.

OBJETIVOS

En el presente trabajo llevaremos a cabo un exhaustivo repaso de las propuestas elaboradas por los principales autores que en los últimos tiempos han abordado la cuestión del trazado de los teatros romanos, refiriéndonos particularmente a las que afectan al edificio emeritense, el cual nos servirá como marco de referencia. Tras unas primeras ideas relativas al contexto histórico en el que se construyeron estos edificios, expondremos detalladamente y en orden cronológico las mencionadas propuestas con el fin de poner de manifiesto las dificultades que, especialmente desde su planteamiento teórico, genera el estudio de esta cuestión.

CONTENIDO

El edificio teatral romano de época imperial quedó configurado formalmente tras un proceso evolutivo que aún no ha podido ser precisado más que a grandes rasgos. Tras el hito constructivo que supuso la edificación en el Campo de Marte del Teatro de Pompeyo (55 a.C.), considerado a menudo como paradigma de la síntesis arquitectónica y punto culminante de dicho proceso, la enorme actividad edilicia promovida por Augusto, especialmente en el Occidente romano, favoreció la completa definición de una tipología que ya mostraba en las más tempranas realizaciones provinciales, los que se ha convenido en denominar "teatros augusteos", unos rasgos formales que estarían definitivamente presentes en este tipo de edificios.

En cuanto a su utilización, las investigaciones llevadas a cabo en las últimas décadas han permitido valorar la función social y política de los teatros romanos y el importante papel que desempeñaron en la difusión de la ideología del régimen imperial a través del culto dinástico (Gros 1994, pp. 20-21). Son diversos los factores que propiciaron el empleo de los teatros romanos con fines de carácter político. La celebración de los *ludi scaenici* en contextos festivo-religiosos convirtió a estos edificios en espacios idóneos donde honrar a los dioses cívicos y a la figura del emperador, con ceremonias que pretendían afirmar la cohesión social expresando respeto y fidelidad a la casa imperial. La propia estructura del edificio teatral favoreció su utilización con esta finalidad, que sobrepasaba la de carácter lúdico que modernamente se ha pretendido recuperar en numerosos edificios, entre ellos el de Mérida. La escena del teatro, dotada de una rica decoración arquitectónica y escultórica, se



reveló como un marco perfecto para el desarrollo de estas ceremonias de culto. El graderío, a su vez, permitía acoger a grandes multitudes de manera ordenada, merced a las estrictas normas que desde época republicana regulaba su ocupación, constituyendo una auténtica representación a escala de la jerarquía social. Así, el éxito de la tipología se puede explicar, al margen de otros factores, por la posibilidad que ofrecía el edificio teatral de reunir al conjunto de la población en un recinto aislado del exterior, presidido por las imágenes del emperador, donde resultaba sencillo transmitir consignas ideológicas.

La perfecta adecuación del edificio teatral a este uso político y social propició la rápida difusión de una tipología edilicia que terminaría de definir sus formas en un período de tiempo muy corto, respondiendo en cierta medida a los modelos de Roma (Gros 1996, pp. 290-294). En esta fase final del desarrollo de la tipología, las provincias occidentales del Imperio y particularmente las de Hispania, en pleno proceso de monumentalización y dotación urbanística de las colonias, constituyeron un campo de experimentación inmejorable por tratarse de territorios poco urbanizados y ajenos a las tradiciones helenísticas. Éste es precisamente el contexto en el que se construyó el teatro emeritense.

Los edificios teatrales de época imperial responden, en general, a unas características formales muy definidas. En un período de gran intensidad constructiva como lo fue el de Augusto, es probable que los medios de control de las formas arquitectónicas jugaran un importante papel en el proyecto y la construcción de los edificios teatrales, en cuyo caso sabemos de la existencia a partir del último cuarto del siglo I a.C. de unas normas que regulaban su diseño. Nos referimos a los preceptos de Vitrubio y, de manera particular, a su esquema regulador de trazado (V, 3-6).

La propuesta vitrubiana responde a un planteamiento de carácter fundamentalmente geométrico, aunque también en parte numérico, que permite determinar la posición de los principales elementos del edificio teatral de tipo latino. Partiendo de la circunferencia de la *orchestra*, en la cual se inscriben cuatro triángulos equiláteros de modo que sus vértices queden equidistantes, un diámetro de la misma y el lado paralelo de uno de los triángulos determinan los límites anterior y posterior, respectivamente, del escenario o *pulpitum*, cuya longitud ha de ser, además, el doble del diámetro orquestal. Los siete vértices de los triángulos que quedan del lado del graderío debían indicar los arranques de las escaleras y los cinco restantes se asignarían a las puertas de acceso al *pulpitum*, tres de ellas, una *valva regia* flanqueada por dos *valvae hospitalia*, situadas en el frente escénico o *scaenae frons*, y las otras dos en las fachadas laterales o *versurae* (V, 6).

Aplicado de manera estricta, el esquema vitrubiano sólo se ajusta de modo satisfactorio a edificios de gran tamaño, por ser excesivamente restrictivo, sobre todo, en lo que respecta a la anchura del *pulpitum*. Así, por ejemplo, en el caso de Mérida, que posee una *orchestra* de gran tamaño considerando el conjunto de la tipología, si tomamos el diámetro máximo, unos 27 m hasta el reposapiés de la primera grada de la cávea, obtendríamos un escenario de algo menos de 7 m, que estaría en el límite inferior de la funcionalidad. El tratadista latino parece ser consciente de ello cuando, tras enunciar su propuesta de trazado, recomienda la adaptación del mismo a las circunstancias particulares de la obra (V, 6, 7), en un pasaje que consideramos imprescindible para la justa valoración del planteamiento teórico, en especial por la flexibilidad que le confiere en su aplicación al proyecto arquitectónico. No obstante, esta parte del texto no siempre ha sido aceptada como argumento para justificar la separación existente entre la teoría vitrubiana y la realidad construida.

El trazado regulador de Vitrubio, como es sabido, ha sido objeto de consideraciones muy diversas a lo largo del tiempo, las cuales han estado condicionadas por el conocimiento de la arquitectura teatral antigua propio de cada época. Paralelamente a los avances logrados en este ámbito a lo largo del siglo XX, la cuestión del trazado de este tipo de edificios ha ido despertando un interés cada vez mayor. La actitud de los estudiosos, como puso de manifiesto J. Núñez, ha ido variando desde posiciones muy poco críticas hacia otras más escépticas en lo que respecta a la aplicación de la normativa vitrubiana. Así, según este autor, se pasó de un "período acrítico" caracterizado "por una mezcla de desinterés y resistencia a valorar en su justa medida los datos aportados por los edificios" y "en la que el libro V, aceptado como «hecho comprobado», apenas sufrió comprobaciones o críticas profundas", a un "período crítico" en el que, gracias al aumento del número de edificios conocidos, el texto de Vitrubio "ha sido puesto en tela de juicio haciendo, de esta forma, avanzar notablemente nuestro conocimiento sobre esta cuestión" (Núñez 1999, pp. 251 y 252). En este último período se encuadran los trabajos de autores como D. B. Small (1983), F. B. Sear (1990) y M. A. Amucano (1991), quienes incluyeron el teatro de Mérida en sus consideraciones.

El primero de estos autores comenzaba su exposición criticando a los que con anterioridad habían estudiado el trazado de los teatros romanos por el tratamiento dado a la cuestión, ya que contemplaron únicamente la opción del trazado vitrubiano. Imbuidos, según Small, de "vitrubianismo", los autores que le precedieron no fueron capaces, en opinión del autor, de valorar la importancia de ciertos rasgos no vitrubianos como la *valva regia* curva o el cambio de posición de las *hospitalia* con respecto al esquema teórico de trazado (Small 1983, p. 55). Reconociendo la validez parcial del trazado regulador de Vitrubio, particularmente para los teatros romanos con frente escénico rectilíneo, el único tipo de escena codificado por el tratadista latino, Small propuso para los frentes dotados de una exedra central curva, como el de Mérida, un trazado complementario,

ajeno desde el punto de vista conceptual al esquema vitrubiano y partiendo de la premisa de que, si dicha exedra pertenecía al proyecto original, el trazado tuvo necesariamente que contemplarla.

El autor dio cuenta de los resultados del análisis de un grupo de edificios que había seleccionado previamente en función de la disponibilidad de información gráfica. En el caso de Mérida, utilizó una planta del teatro publicada por J. R. Mérida en 1915 (Small 1983, p. 56, fig. 2). Ante la posibilidad de ofrecer un panorama amplio de la cuestión y siendo conocedor de las limitaciones que suponía el empleo de planimetrías extraídas de publicaciones, el autor asumió dichas limitaciones afirmando que éstas no tendrían una influencia negativa sobre los resultados:

"Our results are based solely upon measurable theaters. Since the measurements are taken from published plans, the conclusions may suffer from any inaccuracies inherent in the initial observation. Yet the overall picture seems sufficiently sound to justify our conclusions" (Small 1983, p. 55).

La propuesta de Small, de carácter geométrico en su totalidad, partía del trazado de dos circunferencias secantes, las definidas por la *orchestra* y por la exedra de la *valva regia*. Sobre la primera de ellas y en función del espacio asignado para el escenario, quedarían ubicadas las columnas que flanquean la *valva regia*. A continuación y tomando como centros los puntos de intersección de las circunferencias, se trazarían sendos arcos con radio igual al de alguna de ellas y las *valvae hospitalia* se ubicarían donde estos arcos cortaran a la tangente a la circunferencia orquestal. Según Small, en el teatro de Mérida se utilizó el radio de la *orchestra* para trazar estas dos últimas circunferencias (figura 1).

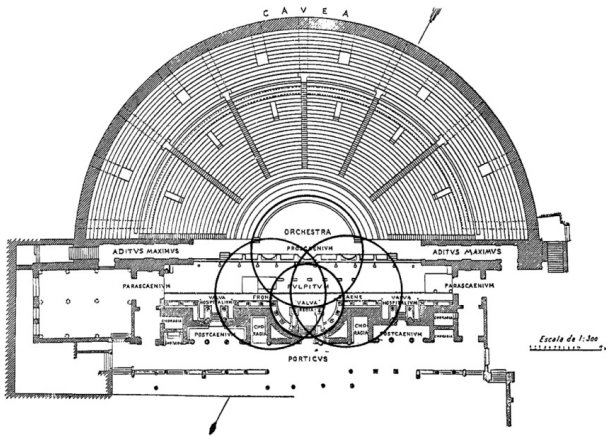


Fig 1. Propuesta de trazado de Small para el teatro de Mérida. 1983, fig. 12

El trazado de Small ha sido criticado, en ocasiones muy duramente, por diversos autores. Para P. Gros (1994b, p. 20), si bien la propuesta es digna de interés y muestra que las figuras circulares, incluyendo polígonos inscritos o no, responden a un requerimiento implícito en el proyecto de este tipo de edificios, concede demasiada importancia a un elemento secundario de la *scaenae frons*, como es la exedra de la *valva regia*. Por otra parte, como señala J. Núñez (1999, p. 254), el radio de la *orchestra* es tomado en los ensayos de Small de una forma completamente arbitraria, a veces incluso pasando la circunferencia por encima de las gradas senatoriales, como sucede en el caso de Mérida.

Uno de los más críticos con las propuestas de Small fue F. B. Sear, quien realizó un completo análisis de la cuestión (1990). Reconociendo que hasta ese momento no se había podido ofrecer una explicación satisfactoria al hecho de que el trazado vitrubiano no tuviera una validez general para los teatros de tipo latino, el autor llegó a la conclusión de que los arquitectos romanos de época alto-imperial sí lo utilizaron, aunque lo hicieron con ciertas modificaciones, las cuales se podían verificar a través de los restos arqueológicos. Sear dió inicio a sus argumentaciones aludiendo al pasaje vitrubiano que hace referencia a la necesidad de conciliar las reglas de la *symmetria* con la naturaleza y el tamaño de la obra (V, 6, 7). Que Vitruvio se expresara de este modo sugería al autor que el tratadista latino era plenamente consciente de que pocos teatros podrían encajar en el esquema geométrico por él definido:

"It is perhaps a mistake to expect to find the perfect Vitruvian theater. Vitruvius himself fully expected departures from the norm and he spelled this out clearly and unambiguously (...). That Vitruvius made this clear disclaimer suggests that he was setting out to provide an underlying geometry of theater design and was aware that few theaters would fit his prescription exactly" (Sear 1990, p. 252).



A continuación, el autor dio cuenta de las principales discordancias con el trazado regulador de Vitrubio, refiriéndose fundamentalmente a la anchura del *pulpitum* y a la distancia entre las *valvae*:

"In most theaters, in the western provinces at least, the doors are spaced far more widely than Vitruvius prescribes and the *scaenae frons* lies on the edge of the orchestra circle, producing a much deeper stage than the Vitruvian one" (Sear 1990, p. 252).

Sear utilizó el ejemplo de Mérida para ilustrar los desacuerdos con la normativa vitrubiana (figura 2). El autor tomó como circunferencia de partida para el trazado la definida por el arco interior de las gradas senatoriales. Una vez inscritos los cuatro triángulos equiláteros, el autor comprobó que el edificio hispano se ajustaba mejor al trazado en la zona del graderío que en la parte del escenario, donde su trazado divergía notablemente del esquema vitrubiano. Las diferencias halladas eran las siguientes (Sear 1990, pp. 252-253 y fig. 6):

1- En el esquema vitrubiano, la línea CD separa la *orchestra* del escenario, pero aquí, esta línea coincide con el eje de los *aditi maximi*. Esta posición de los *itiner*a conlleva, como explica Sear, que la *orchestra* y la parte superior de la *cávea* excedan la semicircunferencia y que las gradas inferiores hasta el nivel de los *tribunalia* no alcancen los 180°. En consecuencia, las escaleras radiales no podían coincidir exactamente con estos puntos y debían ser desplazadas ligeramente si el arquitecto deseaba obtener *cunei* de igual tamaño, como parece que sucedió en Mérida.

2- La *scaenae frons* debe retrasar su posición hasta la tangente a la circunferencia orquestal, ya que si se situara sobre la línea AB se obtendría un *pulpitum* extremadamente estrecho. En este punto, el autor recuerda que, en la mayoría de los teatros augusteos, la *scaenae frons* retrasaba su posición alejándose de la línea AB.

3- El *pulpitum* es mucho más largo de lo que prescribe Vitrubio, siendo más de dos veces y media el diámetro de la *orchestra*. Ello se debe, según Sear, a que es también más ancho, casi el doble de lo prescrito (la ratio longitud/anchura de *pulpitum*, como apuntaba el autor, suele estar en estos edificios entre 1:5 y 1:6 en vez de 1:8, resultado de aplicar el trazado vitrubiano).

4- Con el aumento de tamaño del *pulpitum*, las *hospitalia* no se podían mantener alineadas con los puntos L y M, sino que debían estar más espaciadas. El autor apuntaba aquí la posibilidad de que la introducción de la exedra central curva a principios del periodo augusteo influyera en la disposición de estas puertas (Sear 1990, p. 253, nota 24).

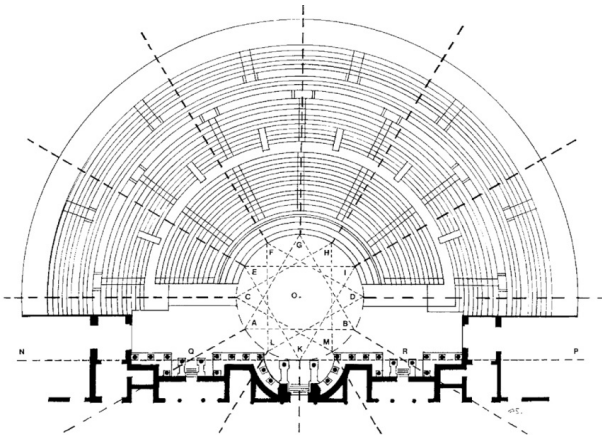


Fig 2. Propuesta de trazado de Sear para el teatro de Mérida. 1990, fig. 6

Es en el área del edificio escénico, como vemos, donde Sear encontró los mayores desajustes, coincidiendo con Small en el diagnóstico: la posición retrasada de la *scaenae frons*, muchas veces como consecuencia de la ubicación de los *aditi maximi* invadiendo parte del área escénica, y una mayor separación de las *valvae hospitalia*, especialmente en los teatros de las provincias occidentales. Una vez detectadas las discordancias principales con respecto al trazado vitrubiano, el autor desacreditó, al menos parcialmente, las propuestas de los autores que le precedieron y, a continuación, expuso su teoría.

Según Sear, si bien no se siguieron estrictamente los preceptos vitrubianos, otros análogos fueron puestos en práctica, manteniendo su vigencia durante toda la época imperial. Como defendiera Small, la interposición de los accesos laterales a la *orchestra* (*aditi maximi*) hizo necesario modificar el esquema vitrubiano, desplazando

la *scaenae frons* a una posición tangencial con respecto a la circunferencia de la *orchestra*. No obstante, para el autor, la clave del trazado estaba en las escaleras radiales: "It is the staircases above all that are the key to theater design" (Sear 1990, pp. 253-254). El hecho de que en Mérida las escaleras que parten de los vértices E y I quedarán alineadas con las *hospitalia* sugería al autor que la división en *cunei* del graderío y el diseño del frente escénico estaban íntimamente relacionados. El procedimiento general propuesto por Sear, basándose en el caso emeritense, fue el siguiente (1990, pp. 254-255):

1- El arquitecto dibujó la circunferencia de la *orchestra*.

2- A continuación, trazó el diámetro CD, determinando dos semicircunferencias, una vinculada a la *cávea* y la otra al edificio escénico. Los *aditi maximi*, como ya había establecido Small (1983, pp. 57 y ss.), podían estar a un lado o al otro de esta línea o bien ser atravesados por ella, aunque por lo general, en los teatros de época imperial, estos *ifinera* quedaban total o parcialmente en el lado del escenario.

3- La tangente paralela al diámetro CD indicaría la posición de la *scaenae frons*. Sobre esta línea, en la práctica, se situó indistintamente la *columnatio* o el muro posterior a la misma.

4- Si estaba proyectando un teatro de seis *cunei*, el arquitecto inscribió en la circunferencia los cuatro triángulos prescritos por Vitrubio, generando doce proyecciones radiales. Si el número de *cunei* era distinto, en concreto cinco o cuatro, que era lo más habitual, los polígonos inscritos serían dos pentágonos o dos cuadrados, respectivamente.

5- Desde los vértices situados en la semicircunferencia situada en el lado de la *cávea* (puntos C, E, F, G, H, I y D) debían arrancar las escaleras. No obstante, cuando los *aditi maximi* invadían la zona de la *cávea* y, en consecuencia, los arcos definidos por las gradas inferiores no alcanzaban los 180°, las escaleras no podían coincidir exactamente con estos puntos y debían ser desplazadas ligeramente si el arquitecto deseaba obtener *cunei* de igual tamaño.

6- Al quedar la *scaenae frons* tangente a la circunferencia orquestal, fue necesario proyectar, como se había hecho en el lado de la *cávea*, los puntos que debían indicar la posición de las tres puertas. El punto K indicaría la *puerta regia* sin problemas pero la proyección de L y M daba generalmente posiciones demasiado próximas entre sí para las *hospitalia*, lo que habría llevado a los arquitectos desde finales de siglo I a.C. a tomar los puntos siguientes, A y B, para determinar, también mediante su proyección desde el centro de la circunferencia, la posición de dichas puertas.

Para el autor, este planteamiento no suponía el abandono del trazado regulador de Vitrubio sino una adaptación del mismo a las nuevas tendencias derivadas del desarrollo que a finales del siglo I a.C. experimentó la arquitectura teatral romana, un desarrollo que fue especialmente notable en los edificios escénicos, particularmente por el hecho de que los frentes dotados de exedras hicieron su aparición en ese momento. Esta manera de proceder habría permitido a los arquitectos romanos adoptar nuevas tendencias que no estaban recogidas en el *De architectura*, por haber surgido mientras el tratadista latino ultimaba su obra o una vez concluida ésta, sin tener que asumir cambios drásticos en su método.

La propuesta de Sear, ratificada recientemente por el propio autor (Sear 2006, p. 30), ha gozado de un cierto éxito entre los estudiosos. Para P. Gros, el estudio de Sear constituye, en cuanto al grado de elaboración alcanzado en el siglo I a.C. por los edificios teatrales, "une tentative intéressante pour situer la démarche vitruvienne dans son contexte historique" (Gros 1994, p. 73). Según este mismo autor, la propuesta consigue demostrar que la realidad arqueológica no es completamente ajena a los preceptos de Vitrubio:

"Sear propose des solutions qui, sans reproduire mécaniquement le dessin du *De architectura*, montrent qu'on en peut retenir des éléments, et qu'en toute hypothèse, contrairement à ce qu'on a longtemps affirmé, il n'est nullement étranger à l'esprit des édifices du début de l'Empire" (Gros 1994, p. 77; 1996, pp. 279-280).

Por su parte, J. Núñez, tras comprobar en su estudio sobre los teatros de Hispania que las discrepancias con el trazado vitrubiano de los ejemplos hispanos se ajustaban en buena medida a las que ya habían obtenido otros autores para el conjunto de la tipología, coincidió con las observaciones de Sear y consideró que su propuesta era la más interesante de todas, aunque advirtió también que existían "notables diferencias entre la planta del edificio manejada por Sear y la que empleamos nosotros" (Núñez 1999, p. 256). Estas diferencias afectaban principalmente a la zona de la *orchestra*, donde la planimetría utilizada por Sear contempla sólo tres gradas senatoriales frente a las cuatro que aparecen en el plano de Menéndez-Pidal de 1976 utilizado por Núñez, produciéndose en consecuencia, según el autor, "notables divergencias en la aplicación del sistema de trazado" (Núñez 1999, p. 256).

También Amucano utilizó la planimetría de Menéndez-Pidal para plantear sus hipótesis sobre los criterios empleados en el proyecto de los teatros romanos. Previamente, el autor italiano había hecho referencia a la necesidad de contar con una



documentación gráfica suficientemente fiable como "*condictio sine qua non per la scientificità della ricerca*", lamentándose por la falta de rigor generalizada en las planimetrías:

"Dobbiamo invece riscontrare con disappunto come solo pochissimi siano i monumenti che godono di rigorosa documentazione grafica e come troppo spesso, da parte del rilevatore, si applichino criteri improntati da non eccessiva accuratezza ricostruttiva che obbligano a nuove misurazioni sul posto con tutte le complicazioni e le difficoltà conseguenti" (Amucano 1991, p. 40).

A pesar de ello, el autor consideró que era posible avanzar en la búsqueda de respuestas a las cuestiones relacionadas con el trazado de este tipo de edificios. Amucano tomó como punto de partida de sus indagaciones el trabajo de Small, que le hizo ver las posibilidades de una línea de investigación que incorporase el aspecto metrológico, tras comprobar que "*il cerchio inscritto nella nicchia regia presenta quasi sempre una cifra tonda in piedi romani («canonici»)*" (Amucano 1991, p. 42).

Esta primera constatación es la que condujo a Amucano a realizar una serie de ensayos sobre las planimetrías de algunos teatros, entre ellos el de Mérida, con el objetivo de extrapolar un procedimiento proyectual que consistía en el establecimiento de una unidad modular (UM) para la composición del edificio escénico: el diámetro de la exedra semicircular de la *valva regia* (Amucano 1991, pp. 43 y ss.). En el caso emeritense, estudiado por el autor en segundo lugar tras el de *Leptis Magna*, dicho diámetro es, al igual que en el ejemplo africano, de 50 pies romanos. En ambos casos Amucano pudo comprobar que los elementos arquitectónicos se ajustaban en gran medida a una cuadrícula que tenía por lado un submúltiplo del mencionado diámetro, que en Mérida, concretamente, era de 1/8. A este valor, que coincidía con la profundidad del podium del frente escénico, se acomodarían, entre otros, el diámetro interior de la *valva regia* (6/8), la distancia entre las puertas *regia* y *hospitalia* (9/8) e incluso la longitud total de la *scaenae frons* (tres veces y media la UM) con un error de sólo 4 cm. También el diámetro de la *orchestra*, de 62,5 pies romanos según el autor, se podría ajustar a un módulo que pudo haber intervenido también en el diseño en alzado del frente escénico (Amucano 1991, pp. 48-50) (figura 3).

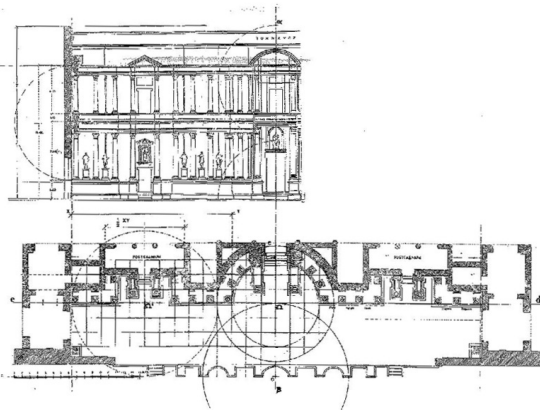


Fig 3. Propuesta de trazado de Amucano para el teatro de Mérida. 1991, fig. 7

Más tarde y utilizando también la planta de Menéndez Pidal, J. Nuñez (1999, pp. 248-249) estudió la posible correspondencia del teatro emeritense con el esquema de trazado de Vitrubio. El autor comprobó, en primer lugar, que el centro de la *orchestra* se encuentra situado en el eje de los *aditi maximi*, lo cual generaba ciertos desajustes con el trazado vitrubiano: por un lado, las escaleras estaban "ligeramente desplazadas con respecto al trazado", y, por otro, el escenario quedó también desplazado de su posición teórica, alejándose del graderío, aunque, según Núñez, "dimensionalmente se ajusta plenamente a la proporción de Vitrubio, duplicando en longitud el diámetro de la *orchestra* y alcanzando 1/4 de éste en anchura". En cuanto a los elementos de la *scaenae frons*, "mientras que la exedra central aleja su muro de fondo del perímetro de la circunferencia, el muro posterior de las *hospitalia* resulta tangencial como sucede en otros edificios. En lo que afecta a la ubicación de estas *valvae* con respecto a su posición teórica, las diferencias con el modelo resultan muy notables", según este autor.

N. Röirng, en su reciente estudio sobre la fachada escénica del edificio emeritense (2010), también ha abordado la cuestión del trazado. Según esta autora, partiendo de un diámetro de 27,30 m, determinado por la primera grada de la cávea, se obtienen ciertas correspondencias con los preceptos de Vitrubio, la primera de ellas que la longitud del edificio escénico, de 54,35 m, se aproxima al doble del diámetro orquestal (figura 4). También la altura del podio, entre 2,26 y 2,50 m, se ajusta a la proporción vitrubiana que establece para el

mismo una altura de la doceava parte de dicho diámetro. En cuanto a los restantes aspectos del trazado, la autora no profundiza más allá de la simple constatación de los desajustes con el esquema vitrubiano en la posición de las escaleras del graderío y de las *valvae hospitalia*, haciendo referencia en particular a la propuesta de Sear para explicar estos desajustes (Röring 2010, pp. 168-169).

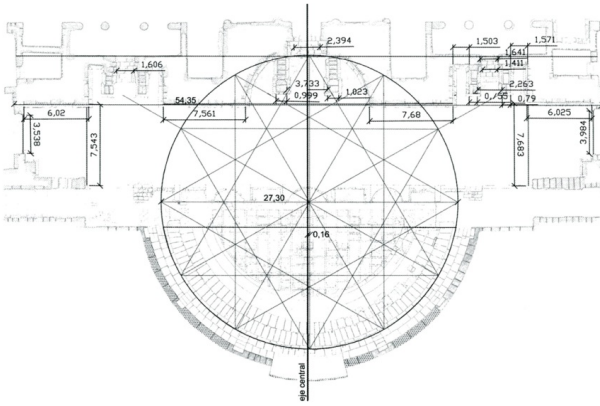


Fig 4. Planta del edificio escénico y la *orchestra* del teatro romano de Mérida y comprobación del trazado regulador de Vitrubio. Röring 2010, fig. 8

La propuesta de Röring se aleja de la de Sear en un aspecto fundamental como es el del diámetro de la circunferencia de partida. Recordemos que este último autor tomaba el diámetro interior de la *orchestra*, situando el frente escénico tangente a dicha circunferencia, que es notablemente menor que la utilizada por Röring. La autora, no obstante, comprobó sobre la nueva planimetría que la proyección de los vértices A y B propuesta por Sear daba aproximadamente el mismo resultado que a éste, aunque no llegó a dibujar la circunferencia correspondiente. Por nuestra parte, hemos podido comprobar que dicha circunferencia no se ajusta a la curva interior de la *orchestra*, como defendía Sear, sino que transcurre por debajo de las gradas senatoriales, de manera similar a como sucedía en la propuesta de Small.

CONCLUSIONES

Como hemos podido comprobar, la investigación sobre el trazado del teatro romano de Mérida no ha podido alcanzar hasta la fecha el nivel esperado, acorde con la importancia del edificio y el grado de conocimiento de sus restos. Ello se ha debido, en parte, al déficit que presentaba la documentación gráfica en este caso, una situación que ha sido recientemente corregida, disponiéndose en la actualidad de una planimetría de mayor fiabilidad que las anteriores. No obstante, éste no ha sido el mayor problema al que se han tenido que enfrentar los estudiosos. La principal dificultad radica en el planteamiento dado a la cuestión del trazado de este tipo de edificios, como pone de manifiesto la revisión en conjunto de las diferentes propuestas realizadas, de carácter geométrico unas, como las de Small y Sear, y numérico otras, como la de Amucano, sin llegar a dar ninguna de ellas una solución completamente satisfactoria al problema. Entremezclado con ellas, además, el trazado regulador de Vitrubio, con innegables visos de verosimilitud valorados por la mayoría de estos autores, continúa mostrándose, adecuadamente contextualizado, como una posibilidad más.

No parece, pues, que las respuestas vayan a ser inmediatas por el mero hecho de contar con una nueva planimetría del edificio. Es preciso tomar en consideración lo sucedido en el conjunto de la tipología, tanto en Hispania como en el resto de las provincias occidentales del Imperio y en un periodo de tiempo concreto, en torno al cambio de Era, que es cuando se edificaron la mayor parte de los teatros romanos de nuestro entorno. Se trata de una tarea de enorme complejidad por la variedad formal que, dentro de una cierta uniformidad, presentan los ejemplos conocidos y por la heterogeneidad de la información aportada por todos ellos, pero sólo de este modo podremos aproximarnos con seguridad al planteamiento de trazado subyacente.



Referencias bibliográficas

- Álvarez Sáenz de Buruaga, J. 1982, "Observaciones sobre el teatro romano de Mérida", *Actas del Simposio El teatro en la Hispania romana*. Mérida, 1980. Badajoz, pp. 303-316.
- Amucano, M. A. 1991, "Criteri progettuali nel teatro romano: ipotesi per un nuovo metodo interpretativo", *RTopAnt*, 1, pp. 109-124.
- Gros, P. 1994, "Le schéma vitruvien du théâtre latin et sa signification dans le système normatif du *De architectura*", *Revue archéologique*, pp. 57-80.
- Gros, P. 1994b, "El teatro latino según Vitruvio. El papel de los edificios de espectáculos en el urbanismo helenístico e imperial", *Braçal*, 10, pp. 17-21.
- Gros, P. 1996, *L'architecture romaine du début du IIIe siècle av. J.C. à la fin du Haut-Empire. Les monuments publics*, París, pp. 272-307.
- Mérida Alinari, J. R. 1915, *El teatro romano de Mérida*, Madrid.
- Menéndez-Pidal Álvarez, J. 1976, "Algunas notas sobre la restauración y atención prestadas a los monumentos emeritenses", *Augusta Emerita*, Madrid.
- Núñez Marcén, J. 1999, "El trazado regulador de los teatros hispanos: teoría vitruviana y análisis crítico de las propuestas contemporáneas", *Actas del II Congreso de Arqueología Peninsular. Zamora*, Madrid, pp. 245-260.
- Röring, N. 2010, "Nuevo estudio arquitectónico de la fachada escénica del teatro romano de Augusta Emerita", *Actas del Symposium Internacional La scaenae frons en la arquitectura teatral romana*. Cartagena, 2009. Murcia, 203-241, pp. 163-172.
- Sear, F. B. 1990, "Vitruvius and Roman Theater Design", *AJA*, 94, pp. 249-258.
- Sear, F. B. 2006, *Roman Theaters. An architectural study*, Oxford.
- Small, D. B. 1983, "Studies in Roman Theater Design", *AJA*, 87, pp. 55-68.

Alba SOLER ESTRELA
José Teodoro GARFELLA RUBIO
Manuel CABEZA GONZALEZ

Universitat Jaume I. Castellón.
Departamento ESID

Abstract

The Royal Chapel, located in the Old Convent of Santo Domingo's Preachers, is considered one of the most important examples in Valencian Gothic. It was built as a funeral chapel for Alfonso V, the Magnanimous, since 1439 to 1463. With a rectangular floor divided into 3 parts, its exceptional groined vaults with tierceron were constructed by the great master mason Francesc Baldomar. The research is based on architectural drawing, and it is performed from an exhaustive data collection which allows to get a full three-dimensional model, that is used to make a rigorous surveying from which to develop a whole series of analysis that help us to advance in the knowledge of chapel's geometry and construction. The aim is defining the regulating drawings of the vaults to determine not only the guidelines of the groins but also to define the stone's stereotomy, thanks to the graphic development of the exploded views of the voussoirs to define the vaulting web.

1. INTRODUCCIÓN

La Capilla de los Reyes, situada en el Antiguo Convento de Predicadores de Santo Domingo, está considerada como uno de los máximos exponentes del gótico valenciano. Fue construida como capilla funeraria para Alfonso V el magnánimo, entre 1439 y 1463. Con una planta rectangular de 3 tramos, sus excepcionales bóvedas de arista de crucería con terceletes se deben al genial maestro de obras Francesc Baldomar. Sus bóvedas, pertenecen al grupo de las bóvedas de arista, entendidas como "aquellas que se forman a partir de unas aristas que han sustituido el lugar y la función generatriz de los arcos cruceros de las bóvedas de crucería (...) en lo constructivo intentan la construcción sin cimbras, o, al menos, un sustancial ahorro de madera en apeos" (Zaragoza 2011).

La investigación se basa en el dibujo arquitectónico, y comienza mediante una exhaustiva toma de datos con la que se obtiene un modelo tridimensional sobre el que se desarrollan toda una serie de análisis que permiten avanzar en el conocimiento de la geometría y construcción de la capilla. El objetivo es definir los trazados reguladores, para determinar no solo las directrices de las aristas sino también la estereotomía de la piedra, mediante el desarrollo gráfico para definir las plementerías. Se presta especial atención a la elaboración de hipótesis del proceso de construcción. Para ello se está trabajando en la construcción de una maqueta a escala de la capilla, a partir de las dovelas, lo que obligará a resolver los problemas en los distintos momentos de su ejecución.



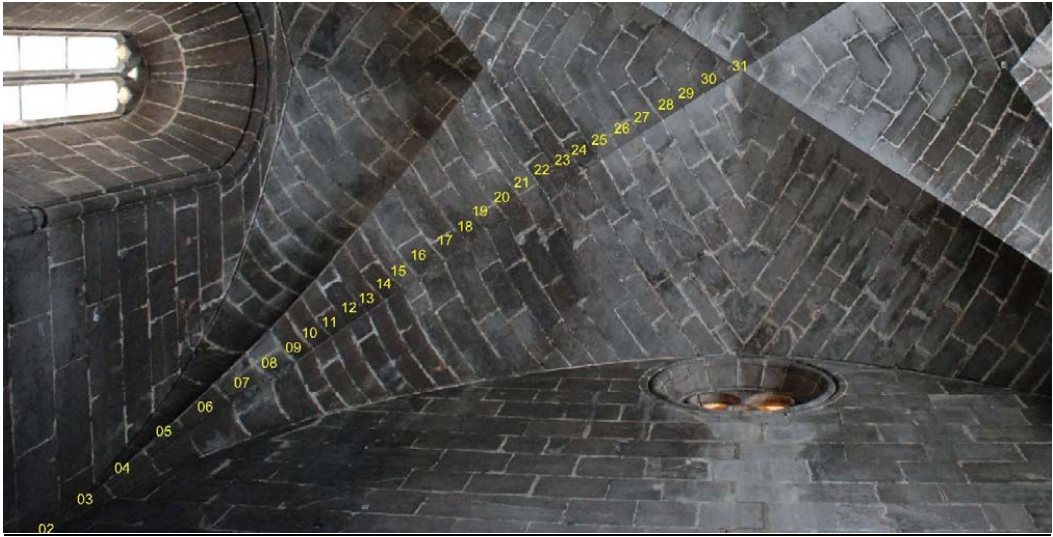


Fig 1. Vista de un cuarto de bóveda del último tramo, con numeración de hiladas. 2009. Fuente propia.

2. TOMA DE DATOS

La investigación se realiza dentro del proyecto de investigación "Metodologías y técnicas aplicadas a la investigación arquitectónica del gótico mediterráneo. Estudio de casos", Financiado por la Fundació Caixa Castelló-Bancaixa, y en el que se han realizado estudios de otras bóvedas a partir de la toma de datos mediante escáner láser. Uno de los objetivos del proyecto es el de comparar metodologías de levantamiento y sistemas de medición, por lo que se ha creído oportuno retomar un trabajo comenzado en 2009 sobre la excepcional bóveda de la Capilla Real, y en el que la toma de datos se realizó con medios distintos al citado escáner. Teniendo en cuenta la problemática de permisos para el acceso a la capilla, se priorizó la recogida selectiva de datos imprescindibles en el menor tiempo. Para ello se utilizó una estación total con medición sin prisma, obteniéndose las coordenadas de puntos que permitieran definir las dimensiones principales de la capilla, y con mayor nivel de detalle las de una cuarta parte de un tramo, que al ser simétrico permitiría definir la construcción del tramo completo.

Para ello se procedió a realizar una medición de cada una de las juntas de las dovelas de las distintas aristas correspondientes con los arcos: perpiaño, ojivo (diagonal), tercelete, formero, y también los de ligadura longitudinal y ligadura transversal. Esto garantizaba no solo los datos suficientes para buscar el trazado de las aristas sino que además recogía información muy precisa sobre su despiece en dovelas. Una vez hecho esto se procedió a tomar medidas de las plementerías, siguiendo las juntas de 3 hiladas representativas: la que partía del nivel de la clave de tercelete, de la del formero, y la de la parte superior de la jarja. Para ayudar el estudio posterior se identificaba la posición exacta de los puntos en fotografías.

3. TRAZADOS

La planta: Modulación dimensional

Es sabido que el palmo era la unidad de medida utilizada en la Valencia de Baldomar. Para un análisis de los trazados deben tenerse en cuenta los sistemas de unidades, las prácticas de control y los usos (López González & García Valldecabres). El multimódulo inferior utilizado en la edificación era $M1=4pv$ que equivalen a 3 pies romanos. Además los multimódulos más usados eran las canas, la de $M2=8pv$ y la de $M3=12pv$.

En el presente artículo se ha tratado de definir la geometría de las bóvedas del último tramo, pero su trazado no puede considerarse independientemente, sino formando parte de la capilla completa. El análisis ha obligado además a aceptar que la realidad se muestra ligeramente deformada respecto a cualquier trazado teórico.

Las dimensiones de la capilla son de 48pv de ancho por 96pv de largo, que responden a las medidas preferentes de 12 y 24, basadas en la base duodecimal de propiedades tan relevantes, la planta es por lo tanto un rectángulo de proporción 2:1. Según esto la anchura equivaldría a 4 canas de 12pv o a 6 canas de 8pv. Si analizamos la geometría de la planta vemos que la cabecera tiene al octógono como generador de las trazas y en cambio los dos tramos responden a la geometría de base hexagonal (Fajardo 2006). El criterio adoptado por Baldomar ha sido el de dividir la longitud de la sala en tres tramos de 32pv, coincidente en la antena

utilizada como compás para el trazado. Cada tramo tiene la proporción de 32/48 es decir 2/3 (Zaragozá 2011). Tanto la proporción como las dimensiones generales responden a valores modulares básicos. Si la geometría de toda la sala hubiera sido hexagonal las particiones de la cabecera y de los tramos responderían a una relación de 3/2/2 para el conjunto de la capilla y las medidas básicas no serían modulares. El estudio de las medidas de los tramos construidos confirma unas desviaciones de las trazas reales de proporción 2/3 respecto de las de diseño basado en la geometría del hexágono que comporta una relación de $1/\sqrt{3}$, que equivaldría a un tramo de 27,71pv en lugar de los 32pv de la división en tres partes de la longitud, si bien la dimensión medida es 31 pv, debido a que la cabecera tiene una dimensión de 34pv en lugar de los 32pv.

Como conclusión se podría afirmar que los tramos siguen una geometría ideal del hexágono y sus asociaciones: los triángulos equiláteros, el ángulo base de 60° , la estrella, las diagonales y el círculo que lo inscribe, pero la construcción real se deforma para ajustarse al espacio de referencia de medidas generales modulares, dentro de unas tolerancias perfectamente admisibles.

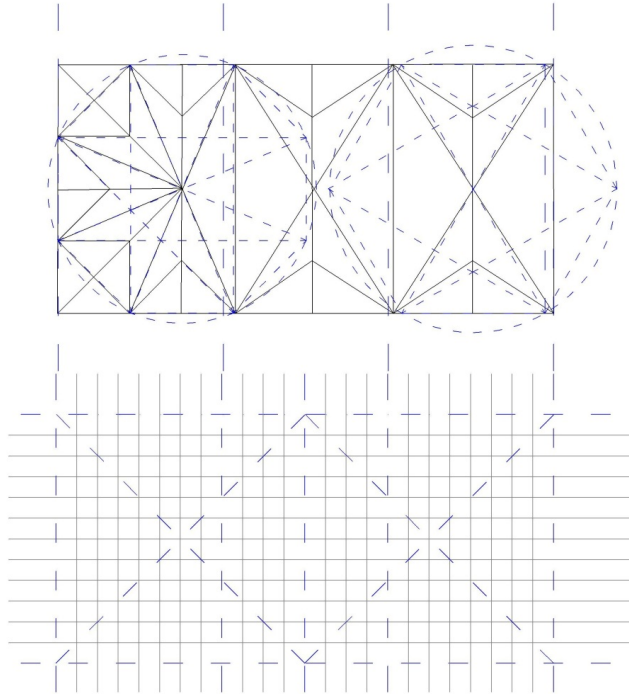


Fig 2. Planta: propuesta de trazados y modulación dimensional.

Las elevaciones

Respecto a la geometría de las aristas, a partir del levantamiento realizado se obtiene un arco de medio punto para el arco ojivo o diagonal, cuyo mismo radio se utiliza en el trazado del arco perpiaño. En cambio los radios observados para terceletes y formeros son algo menores. La situación de los centros, puede obtenerse mediante la prolongación de los terceletes (Sánchez 2011).

Para el estudio de las plementerías, gracias a la doble simetría de la planta, las superficies a estudiar en cada tramo son únicamente tres, correspondientes a los tres sectores dispuestos en abanico delimitados por los diferentes arcos que conforman la bóveda:

- superficie A, delimitada por los arcos perpiaño, ojivo y la ligadura longitudinal
- superficie B, delimitada por los arcos ojivo, tercelete y la parte correspondiente de la ligadura transversal
- superficie C, delimitada por los arcos de tercelete, formero y la parte correspondiente de la ligadura transversal.



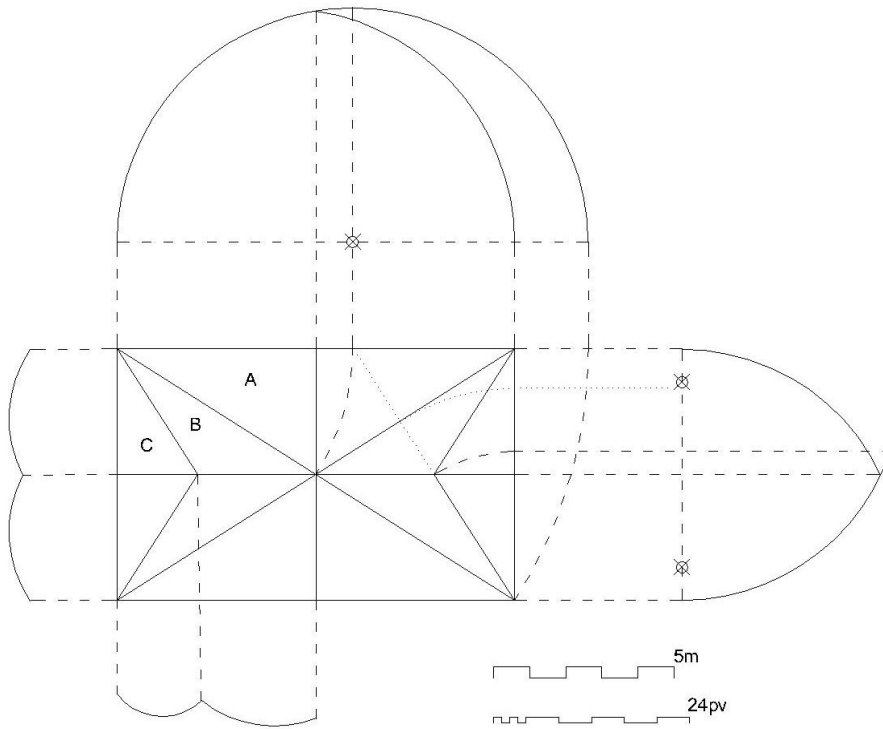


Fig 3. Trazados de planta y aristas de un tramo de la capilla.

En la fase actual del estudio, se ha tratado de establecer unos criterios que permitan definir la geometría de estas superficies. A partir del trazado de las aristas, los puntos tomados en las juntas de las hiladas indican que cada una de estas tres superficies está generada por una sucesión de arcos de circunferencia. Estos arcos parecen situarse en planos radiales perpendiculares al trazado del arco ojivo en el caso de las superficies A y B y al tercelete en la superficie C, aunque de manera más inexacta. Su perímetro aumenta en sentido vertical hacia arriba, al ir creciendo la separación entre los arcos que los confinan, aunque mantienen constante su amplitud angular, cuyo valor se comprueba que es de 60° , o lo que es lo mismo, el triángulo equilátero para los arcos perpendiculares al ojivo (Zaragoza 2011), mientras que esta amplitud no se ajusta con exactitud a los puntos medidos para los arcos perpendiculares al tercelete (superficie C), por lo que en la modelización realizada se ha buscado un mejor ajuste con una amplitud de 52° .

Esta configuración de las superficies permite descartar la esfera y el toroide como geometrías generadoras del intradós, frecuentes en bóvedas con rampante curvo (Babcock 1895), ya que tanto una como otra mantienen fijo el centro de las curvas que recorren su superficie y en el caso del toroide además, estas curvas vienen definidas por arcos de elipse.

Por otra parte, la continuidad que presentan las superficies del intradós asegura la continuidad en la sucesión de los centros de los sucesivos arcos de circunferencia que generan la superficie de cada sector y que al unirlos formalizan una curva elíptica. En este sentido, el intradós podría entenderse que está compuesto por superficies cónicas curvadas, de forma que el eje queda determinado por la mentada curva elíptica.

No obstante los arcos de circunferencia que definen las ligaduras parecen contradecir la superficie propuesta, sin embargo puede venir motivado por la necesidad de resolver en este tipo de bóvedas las intersecciones entre los distintos paños previamente, ya que para su ejecución no disponen del apoyo de los nervios, tal como apuntan Natividad & Calvo (2010), por lo que parece lógico utilizaran arcos de circunferencia para todos los encuentros.

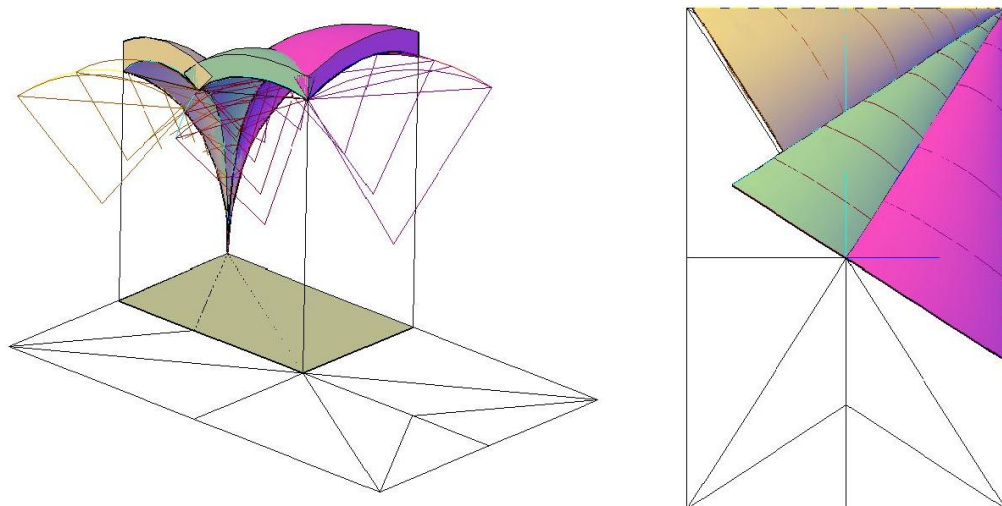


Fig 4. Modelizado de superficies.

Definición de las dovelas

Pero llegar a definir el proceso de construcción va mucho más allá de definir las trazas de intradós. Para avanzar en este sentido se está trabajando para resolver los problemas y realizar la construcción a escala de una cuarta parte de la bóveda.

Para ello debemos comenzar por definir los muros en los que apoya la bóveda, de 2.5 me de espesor (Zaragozá 2000). A partir del conocimiento de construcciones similares y de la observación del interior se suponen realizados mediante un "opus" resuelto mediante caras exteriores de sillares y un relleno de mortero y mampuestos. Los sillares tendrían la cara vista trabajada, y la cara oculta más irregular. La cara interior de los sillares observados tiene una altura que varía en algunos centímetros en las distintas hiladas, con valores cercanos a los 50cm. Respecto a la longitud de la cara interior es una magnitud mas variable, encontrándose longitudes habituales que superan el metro (se supone colocados a soga), combinadas con otras cercanas a los 60cm (se suponen colocados a tizón).

A continuación se ha procedido a analizar el desarrollo de la bóveda en dovelas, numerando las hiladas desde el enjarje hasta la clave, desde la dovela 01 que contiene el arranque de los nervios, hasta la hilada 31 que resuelve la clave principal (cruce de ojivos). En todo este desarrolla cabe señalar que:

El enjarje se produce desde la dovela 01 a la 07, en las que las juntas se generan por secciones según planos horizontales. La 08 es una hilada singular puesto que sirve de transición entre el enjarje y las hiladas superiores cuyas juntas parecen seguir un orden radial, pero que según la investigación en curso, pueden obtenerse por planos inclinados que permitirían unificar la solución en un único plano de corte para las tres superficies. Las juntas verticales de los elementos se disponen perpendiculares a los tendeles correspondientes, facilitando así la ejecución de los elementos. A partir de la 09 las dovelas deben resolver en su ascenso distintos encuentros, como el del fornero en la hilada 16, el terceletete en la 22, la clave del perpiño en la 25, y por último la ya mencionada clave principal en la hilada 31.

Según estas observaciones se pueden dividir las superficies modelizadas para obtener cada una de las dovelas. Respecto a la cara oculta, se ha supuesto un acabado más irregular y una profundidad similar a la de los muros (de hasta 60cm), y suponiendo, para garantizar la estabilidad durante la construcción, que apoyan al menos el doble del vuelo respecto a la hilada inferior. Con estas consideraciones se ha generado un modelo virtual de una cuarta parte de tramo de la capilla, teniendo en cuenta las juntas de las dovelas y sus espesores. Para comenzar la construcción a escala se han seleccionando dovelas representativas, en este caso la última del enjarje (07), la de transición (08) y la primera de la bóveda propiamente dicha (09), quedando totalmente definidas para su ejecución material con impresora 3d.



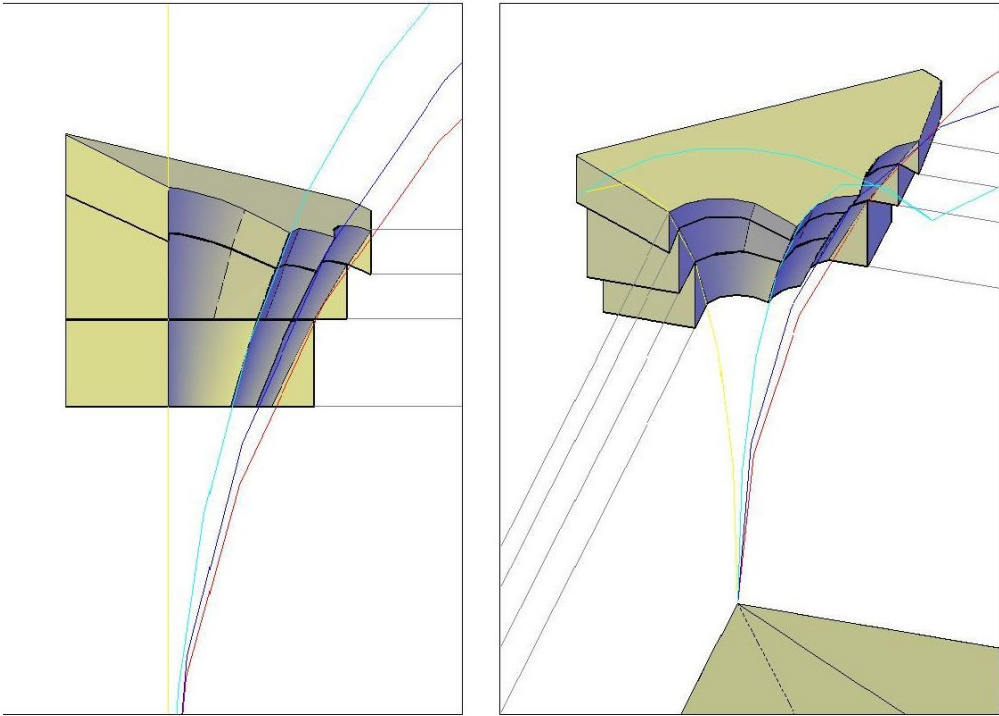


Fig 5. Modelizado dovelas 07, 08, 09. Transición desde al enjarje.

4. EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

A partir de aquí se abren las reflexiones sobre las dificultades en el replanteo y tallado de dovelas teniendo en cuenta los planteamientos de la época, y tratando de ponernos en la piel del genial maestro constructor Francesc Baldomar.

En este sentido es de gran interés la documentación existente sobre la construcción de la capilla que indica que se utilizan plantillas de papel encolado para realizar las jarjas y otras, distintas, de madera, para tender el resto de las bóvedas. La documentación también indica la utilización de una antena para el trazado de los círculos a escala del natural. Así lo señalaría la anotación realizada en los libros de fábrica de la capilla real de la compra de "una antena que de aquel fou comprada de larch de XXXII palms per ops de fer compas per traçar la dita obra", es decir, la compra de una antena de 32 palmos (7,25 metros), en razón de hacer compàs para trazar dicha obra (Zaragoza 2011).

El trabajo actualmente sigue en fase de desarrollo, está previsto proceder a materializar la bóveda, dovela a dovela, para comprobar la estabilidad en las distintas fases de la construcción así como los medios auxiliares de trazado y posicionado.

Teniendo en cuenta la dimensión de las dovelas (con caras de intradós de unos 25cm) y los radios de curvatura de las aristas se obtiene una flecha casi inapreciable de entorno a 1mm. La dificultad de trazado no se encuentra pues en la arista que puede tallarse recta, sino en la curvatura cambiante de los plermentos.

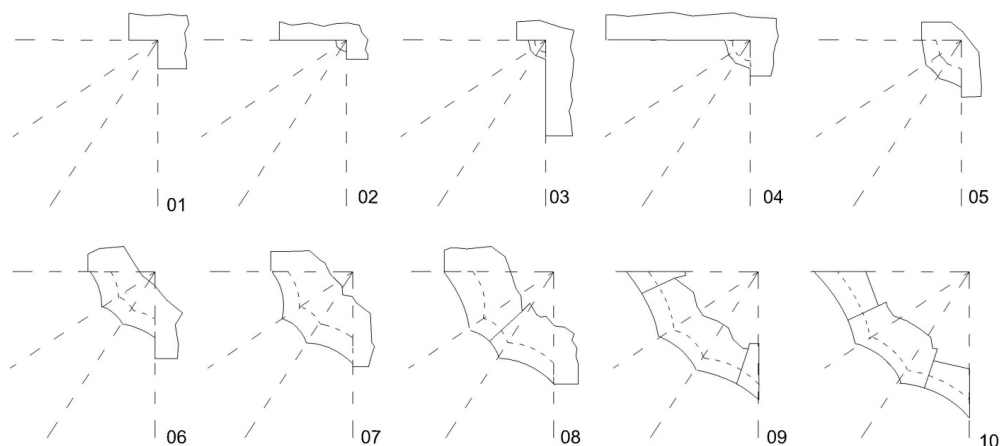


Fig 6. Construcción la esquina. Dovelas 01 a 10.

5. CONCLUSIONES

- El proyecto de levantamiento

Respecto al sistema de toma de datos. En la actualidad se encuentran en auge los sistemas de generación de nubes de puntos, obtenidas mediante escaneado láser y recientemente con nuevas posibilidades con programas de fotomodelado. Estas nubes tienen grandes posibilidades al almacenar enorme cantidad de datos. No obstante, por nuestra experiencia podemos afirmar que a partir de ahí, el postproceso es un trabajo muy laborioso, y debe estar bien enfocado según los objetivos del estudio. Pueden estar especialmente indicados en algunos casos, como el estudio de geometrías complejas, o estados deformados, pero posiblemente no son necesariamente idóneos para todas las situaciones.

Por todo ello conviene una reflexión previa al momento de la toma de datos, un "proyecto de levantamiento" (Almagro 2004) que entre otras cosas valore la idoneidad del sistema a utilizar. En este caso el levantamiento se realizó con unos objetivos claros que permitieron definir previamente los puntos necesarios, siguiendo las juntas de las dovelas sobre las aristas y determinadas secciones de la plementería. (En un levantamiento mal planificado puede llegar a darse el caso de haber recogido millones de puntos pero tener dificultades en definir con exactitud los que realmente interesan). En el caso que se presenta, habiendo tenido claros los objetivos previamente al levantamiento, la efectividad de la toma de datos en relación con el estudio realizado se considera muy buena.

- Geometría y construcción

Llevar a cabo la construcción material de las dovelas es un ejercicio que va más allá del estudio teórico de las trazas de un abovedamiento, que en muchos casos queda limitado a un trazado geométrico ideal del intradós. Dentro del estudio actualmente en fase de desarrollo, se ha definido la volumetría de las dovelas, para, en una fase inmediata, comenzar la construcción de la maqueta, dovela a dovela, mediante impresión láser. Habrá que tener en cuenta que este proceso generador difiere del de los maestros canteros y sus planteamientos para el corte de la piedra. No se descarta la realización de estudios de otro tipo que permitan definir el proceso de tallado de la piedra y sus implicaciones geométricas, posiblemente el tallado de piezas de escayola (Palacios & Martín 2009). Los análisis realizados a partir de estas próximas fases supondrán una revisión crítica de los criterios generadores de la volumetría.

Agradecimientos

El presente artículo estudia aspectos formales y geométricos de investigaciones en curso sobre la arquitectura de la Capilla Real, acerca de la estereotomía, técnicas constructivas y aspectos historiográficos que los presentes autores desarrollan colaborando con los doctores arquitectos Arturo Zaragoza y Rafael Soler.



Referencias bibliográficas

Almagro Gorbea, A. 2004. Levantamiento arquitectónico. Universidad de Granada.

Babcock, Charles. 1895. *Vaults*. S.J. Parkhill & Co. Boston.

López González, C.; García Valldecabres, J. "La instauración del sistema metrológico valenciano y Jaime I en la tradición medieval: los sistemas de unidades, las prácticas de control y los usos". <<http://www.sanjuandelhospital.es/museo/>> [consulta: abril 2012]

Natividad Vivó, P.; Calvo López, J. 2010. Levantamiento arquitectónico e hipótesis sobre la estereotomía de la bóveda aristada de las Torres de Quart de Valencia. *Actas del X Congreso Internacional Expresión Gráfica aplicada a la Edificación*. Alicante.

Navarro Fajardo, J. C. 2006. *Bóvedas de la arquitectura gótica valenciana: traza y monte*. Universidad de Valencia.

Palacios Gonzalo, J.C. 2009. *La cantería medieval. La construcción de la bóveda gótica española*. Ediciones Munilla-Iería.

Palacios J.C., Martín, R. 2009 "La Construcción de una bóveda de crucería en la Escuela Técnica Superior de arquitectura de Madrid" *Informes de la Construcción*. Vol. 61, 515, 49-58.

Rabasa Díaz, E. 2000. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XX*. Akal- textos de arquitectura.

Viollet-le-Duc, E. 1868. *Diccionario razonado de la arquitectura francesa siglos XI a XVI*. Bibliothèque de l'Image (1997).

Zaragozà Catalán, A. 2000. *Arquitectura gótica valenciana*. Generalitat Valenciana.

Zaragozà Catalán, A. 2011. "Cuando la arista gobierna el aparejo: bóvedas aristadas", en Serra Desdilis, A. (ed.), *Arquitectura en Construcción en Europa en época Medieval y Moderna*. Universitat de Valencia, pp. 187-224.

Sánchez Simón, I. 2011. *Traza y monte de la bóveda de la Capilla Real del convento de Santo Domingo de Valencia. La arista del triangulo Reuleaux entre las aristas de la bóveda*. Actas del Séptimo Congreso nacional historia de la Construcción. Santiago de Compostela. Octubre 2011. Madrid. Instituto Juan de Herrera.

LA IGLESIA CONVENTUAL DE LA PIEDAD

Antonio Miguel TRALLERO SANZ
Francisco MAZA VÁZQUEZ

Universidad de Alcalá
Departamento de Arquitectura

ABSTRACT

The Conventual Church of Nuestra Señora de la Piedad is the first documented work of the architect Alonso de Covarrubias.

D^a Brianda de Mendoza y Luna he built this temple after inheriting his uncle D. Antonio de Mendoza his Renaissance palace built some years before, and decided to transform it in Convent

The church was a single nave with Latin cross and a polygonal apse. It was covered by cross vaults supported on pilasters and frieze Renaissance.

To widen the narrow alley of Santa Clara, located between the Convent of La Piedad and Santa Clara, it was decided to demolish the apse in the Church of Mercy, dragging sink in the vaults of the temple, reserving only the perimeter walls of cruise and the ship in which the home is located in this way is safe.

Through this work, from the remains preserved, highly modified by subsequent actions of the existing graphic documentation, and the study of other contemporary works, there has been an ideal reconstruction of this temple.

INTRODUCCIÓN

Los Mendoza eran una familia procedente de Alava que en el siglo XIV se estableció en Guadalajara. Los miembros de esta familia se distinguieron por su afición a las artes en general y a la arquitectura en particular.

En una primera época levantaron edificios típicos de la arquitectura castellana del siglo XV, adoptando posteriormente, a partir de los descendientes del primer Marqués de Santillana, el gótico flamígero para sus realizaciones. Simultáneamente a la construcción de un edificio como es el Palacio del Infantado en Guadalajara, la residencia de la rama principal de la familia, otros miembros de la misma, principalmente el Cardenal Mendoza, hermano del Duque, y su sobrino el segundo Conde de Tendilla, se sintieron atraídos con las obras, los estilos y los sistemas constructivos que se estaban empleando allí, adoptándolo para sus construcciones y apoyándose principalmente en un arquitecto con formación italiana, Lorenzo Vázquez.

De esta forma se puede considerar a esta familia, o por lo menos a parte de ella, como los introductores del Renacimiento en arquitectura en Castilla, debiéndose a ellos todas las primeras obras construidas en este nuevo estilo.

Al Cardenal Mendoza se debe la construcción entre otros del Colegio de Santa Cruz de Valladolid, a sus sobrinos, D. Iñigo López de Mendoza, segundo Conde de Tendilla, el Convento de San Antonio de Mondejar, a D. Antonio de Mendoza, su palacio de Guadalajara, a D. Luis de la Cerda, primer Duque de Medinaceli, su palacio de Cogolludo y su hijo, D. Rodrigo de Vívar y Mendoza, primer Marqués de Cenete, el castillo de La Calahorra.

D. Antonio de Mendoza encargó su palacio de Guadalajara a Lorenzo Vázquez quién empleando técnicas constructivas tradicionales creó una tipología de patio muy difundida posteriormente, incluso abandonando las razones constructivas que lo originaron.

Tras el fallecimiento de D. Antonio de Mendoza su palacio fue heredado por su sobrina D^a Brianda de Mendoza y Luna quién lo transformó en primeramente en Beaterío y posteriormente en Convento, encargando la construcción de la Iglesia Conventual a Alonso de Covarrubias, siendo esta su primera obra documentada.

D^a Brianda en un primer momento encargó el trabajo a Juan García Solórzano y Pedro Castillo, pero nada más iniciarse las obras decidió cambiar de Arquitecto encomendando la Iglesia con su portada y sepulcro a Alonso de Covarrubias. Las obras se terminaron alrededor de 1530.



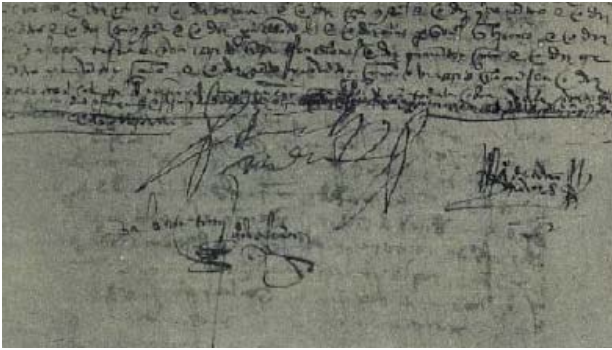


Fig 1. Firmas de Alonso de Covarrubias y D^a Brianda de Mendoza en el Contrato para la construcción de la Iglesia de la Piedad.

La Iglesia era de una única nave con planta de cruz latina y ábside poligonal. Estaba cubierta por medio de bóvedas de crucería apoyadas en pilastras y friso renacentista.

Tras la desamortización el Convento se ha ido destinando a los más diversos usos.

En los primeros años del siglo XX, para ensanchar el estrecho callejón de Santa Clara, situado entre el Convento de la Piedad y el de Santa Clara, se decidió demoler el ábside de la Iglesia de la Piedad, arrastrando en su hundimiento a las bóvedas del templo, conservándose únicamente los muros perimetrales del crucero y de la nave, en los que se encuentra situada la portada que de esta manera se salvo, y el sepulcro de Doña Brianda que quedó muy deteriorado, sepultado por los escombros.

OBJETIVOS

El objeto de este trabajo ha sido llegar a una reconstrucción virtual del primitivo templo. Para ello ha sido necesario realizar el levantamiento y el estudio constructivo y arquitectónico de los restos conservados.

Ha sido fundamental el análisis de la documentación gráfica existente, siendo determinante el plano de la ciudad de Guadalajara levantado por el Instituto Geográfico y Estadístico, bajo la dirección de Ibañez Ibero, en 1880 y los levantamientos previos (1878) de sus edificios públicos.

A pesar de su poca definición, también ha sido importante la vista de la ciudad de Guadalajara realizada por Antón Van der Wyngaerde en 1565. En esta vista aparece representado el Convento de la Piedad y en ella se aprecia su ábside con sus contrafuertes y su cubierta, así como su pequeña espadaña.

Con estos datos y con el estudio de otras obras contemporáneas se ha realizado una reconstrucción ideal de este templo, llegando a utilizar incluso las trazas de elementos de otras edificaciones en la presente propuesta que es la aportación que se presenta a este Congreso.

CONTENIDO

Encuadre Histórico

Tras la reconquista en 1085 de la ciudad de Guadalajara por de la Corona de Castilla bajo el reinado de Alfonso VI, hubo una primera época caracterizada por una gran tolerancia religiosa, sin embargo, a partir de Fernando III esta situación cambió, produciéndose una reordenación del reino, contando para ello con la Iglesia. En Guadalajara, esta nueva orientación se aprecia claramente en el fuero otorgado a la ciudad de Guadalajara en 1219.

En las ciudades se constituyeron unos entramados parroquiales en los que cada Iglesia y su parroquia, constituía una célula municipal de tributación fiscal y encuadramiento military.

Esto se completó mediante la construcción de monasterios en las cercanías de las ciudades.

La organización de la ciudad medieval de Guadalajara se hizo con diez parroquias San Andrés, San Julián, Santo Tomás, San Esteban, San Miguel, Santa María, San Ginés, San Gil, San Nicolás y Santiago. En los primeros años del siglo XIX (1831) debido a la falta de recursos y a la disminución de la población de la ciudad de

Guadalajara que llegó a reducirse a 1700 vecinos, se suprimieron cinco de las diez parroquias, la de San Andrés, San Julián, Santo Tomás, San Esteban y San Miguel, y posteriormente la de San Gil, quedando reducidas a las de Santa María, San Ginés, San Nicolás y Santiago.

De las cinco suprimidas se mantuvieron en un principio abiertas al culto las de San Andrés, Santo Tomás, como santuario de la Virgen de la Antigua y San Esteban, como Convento de Jerónimos, demoliéndose las de San Julián y San Miguel. Posteriormente se demolió San Andrés y San Esteban y de antiguo templo de Santo Tomás únicamente se conservó su cabecera. En cuanto a las parroquias que se mantuvieron, la mayor parte de ellas se trasladaron a los templos de los Conventos suprimidos como consecuencia de la desamortización, demoliéndose los templos primitivos.

Además de estas diez Iglesias parroquiales existían varias ermitas, como la de Nuestra Señora de Afuera que obtuvo la categoría de parroquia a finales del siglo XV, la de Santo Domingo el Viejo que situada en la plaza Mayor fue demolida para su ampliación en el siglo XVI, o las de Santa Catalina, Ntra. Señora del Amparo, Alamin, San Roque, La Soledad, Santa Ana,...

En cuanto a los conventos, en el siglo XV existían cuatro. Santa Clara la Real estaba situado en la antigua judería y tras la desamortización fue demolido conservándose el templo, al que se trasladó la parroquia de Santiago.

El Convento de La Merced estaba situado en el arrabal de la Alcajería y fue demolido tras la desamortización.

El de San Francisco estaba situado a las afueras de la ciudad y tras la desamortización pasó a utilizarse como cuartel.

San Bernardo, inicialmente situado junto al río, se trasladó en el siglo XVI frente al de San Francisco en las proximidades de la Puerta de Bejanque. Fue demolido tras ser saqueado en la guerra civil.

En el siglo XVI se fundaron seis nuevos conventos, el de Nuestra Señora de la Piedad, cuya Iglesia es el objeto del presente trabajo, el de La Concepción que tras la desamortización acogió una Comunidad de Paules, siendo saqueado en la guerra civil y demolido tras ella, el de Santo Domingo de la Cruz que tras la desamortización a su templo conventual se trasladó la parroquia de San Ginés, el de Nuestra Señora de los Remedios que tras la desamortización fué utilizado como Hospital y del que únicamente se conserva su Iglesia que es el actual Paraninfo del Campus de Guadalajara de la Universidad de Alcalá, el de San Antonio de Papua, demolido tras la desamortización y el Colegio de Nuestra Sra. de las Vírgenes o de las Carmelitas de Arriba, que sufrió importantes daños durante la Guerra civil, demoliéndose y trasladándose se comunidad a la cercana población de Iriepal en los años setenta.

En el siglo XVII se fundaron otros cuatro conventos, el de las Carmelitas Descalzas de San José, el Colegio de la Santísima Trinidad, perteneciente a la Compañía de Jesús a cuyo templo se trasladó la parroquia de San Nicolás, el de los Carmelitas Descalzos de la Epifanía, que tras la desamortización acogió a una comunidad de Concepcionistas y Franciscanos y el de la Orden de San Juan de Dios, demolido tras la desamortización. Los recintos religiosos ocupaban gran parte de la ciudad, siendo la función religiosa, junto con la de residencia de la nobleza, una de la más importantes de las desarrolladas en ella.

El paisaje urbano de Guadalajara en el siglo XVI queda reflejado en la vista realizada por Van der Wyngaerden en 1565 donde se aprecian los templos de la ciudad.

En la vista realizada un siglo después por Pier Marie Baldi (1668) se aprecia la transformación experimentada. Junto con la construcción de nuevos edificios de mayores dimensiones, son visibles las reformas llevadas a cabo en los antiguos templos, los que en estos años se vieron sometidos a unos procesos de "barroquización", tanto interior como exterior mediante la construcción de chapiteles como remates de sus torres.

La destrucción del patrimonio religioso durante los siglos XIX y XX supuso la transformación del paisaje urbano de la ciudad.

El Convento de la Piedad

Tal y como se ha indicado anteriormente, al morir D. Antonio de Mendoza en 1510, su sobrina Doña Brianda heredó su palacio. Esta señora, soltera y sin descendencia, decidió fundar en él un Beaterio al que dejar tras su fallecimiento todas sus pertenencias. Este Beaterio, con la autorización del Papa Clemente VII, recibió el nombre de Nuestra Señora de la Piedad.

En 1524 encargó la construcción de la Iglesia a Juan García Solorzano y Pedro Castillo, a los que tras la apertura de las zanjas de cimentación, se les rescindió el contrato. Para continuar las obras se eligió a Alonso de Covarrubias, quién al



parecer había trabajado anteriormente con Lorenzo Vázquez en la construcción del palacio de Don Antonio. En el contrato suscrito se obligaba también a la ejecución de la portada y de su sepulcro. La obra se finalizó en 1530.

Tras la muerte de Doña Brianda, acaecida en 1534, el Beaterio pasó a manos de los Duques del Infantado. Más tarde pasó a convertirse en Convento de religiosas de la Orden de San Francisco, siendo uno de los preferidos por la nobleza femenina de la ciudad.

Primero con la Guerra de Sucesión, y posteriormente con la de la Independencia, el Convento sufrió importantes daños. Más tarde, entre 1836 y 1851, con Mendizabal, fue desamortizado, pasando a manos de la Diputación Provincial, destinándose la Iglesia y el patio delantero a cárcel, y el resto del edificio sirvió para implantar en él las dependencias de la Diputación.

En 1857, el Instituto de Guadalajara, creado por la Real Orden de 27 de Septiembre de 1837, que hasta entonces había estado ubicado en el antiguo Convento de San Juan de la Cruz, se trasladó al Convento de la Piedad, donde compartió edificio con la Biblioteca Provincial, el Museo de Pinturas, la Diputación y la Carcel. Este instituto recibió, después de la Guerra Civil el nombre de "Brianda de Mendoza"

En los primeros años del siglo XX se decidió ampliar y reformar el edificio, encargándose el proyecto a D. Ricardo Velázquez Bosco, quien dió al edificio su imagen actual.

Es también en los primeros años del siglo XX cuando para ensanchar el estrecho callejón de Santa Clara, que separaba el Convento de la Piedad con el de Clarisas, se decide, con el pretexto de su mal estado de conservación, la demolición del ábside arrastrando en su caída a todas las bóvedas del templo. Este no fue el único ejemplo de demolición parcial de un templo de Guadalajara. Lo mismo ocurrió con la Iglesia Parroquial de San Andrés, la de Santiago o la de San Esteban, todos ellos acabaron demoliéndose totalmente.

Entre 1941 y 1943, el arquitecto Vegas procedió a levantar un muro testero a la altura del antiguo crucero, se cubrió los restos del templo por medio de unas cerchas metálicas y se construyó un forjado intermedio, destinándose la planta baja a capilla del Instituto y la superior a Salon de Actos.

El Instituto siguió ocupando el Convento de la Piedad hasta el año 1972 en que se trasladó a un Nuevo edificio. Posteriormente fue instalado en el edificio un Nuevo Instituto, el "Liceo Caracense", sufriendo la Antigua Iglesia de la Piedad entre 1992 y 1993 una nueva remodelación, obra de los arquitectos José María Puyol y Luis de la Puente, que le dieron el aspecto que presenta en la actualidad.

Descripción del templo actual

El actual edificio tiene planta de "T" como consecuencia de la demolición del ábside. Tal y como se ha iniciado anteriormente, en la demolición cayeron también las bóvedas de cruceña con que se cubría la nave.

En la reforma realizada por Vegas, se cerró el edificio por medio de un muro y se cubrió con cerchas metálicas, realizando también un forjado interior que dividía el espacio en dos plantas, la baja destinada a capilla y la superior a salón de actos.

Los brazos del crucero se cerraban creando unos espacios destinados a sacristía en planta baja y a otras dependencia. En la capilla, el antiguo crucero pasaba a ser el presbiterio que quedaba separado de la nave por medio de un arco rebajado con decoración de florones. Esta planta se iluminaba a través de unas ventanas abiertas en el muro lateral derecho.

La planta superior, cerrada superiormente por medio de un falso techo, dejaba vistos los arcaques de las antiguas bóvedas.

En la última reforma realizada en 1992 se suprimió parte del forjado intermedio liberando el antiguo crucero, espacio en el que se situó la escalera de comunicación entre las dos plantas.

En esta reforma la puerta dejó de cumplir su función quedando como un elemento escultórico y se abrió un nuevo acceso, mal localizado y con pretensiones "modernas". La disposición de este acceso así como su distribución interior dificulta la utilización del edificio.

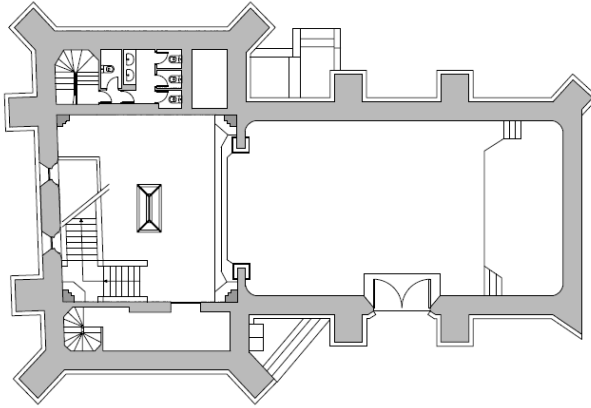


Fig 2. Planta actual de la antigua Iglesia de la Piedad. 2010. Levantamiento de Mireya Ibarra Pérez

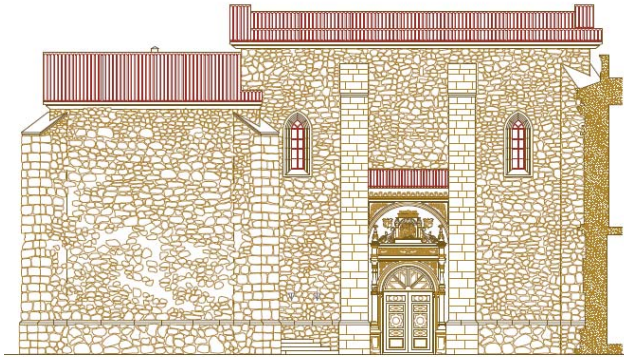


Fig 3. Alzado Principal de la antigua Iglesia de la Piedad. Estado actual. 2010. Levantamiento de Mireya Ibarra Pérez

El templo primitivo

Para conocer como era este templo es primordial la lectura del constrato suscrito entre D^a Brianda y Alonso de Covarrubias. En él se definían sus dimensiones interiores que eran ciento ocho pies de largo, de los cuales corresponden sesenta al cuerpo de la Iglesia, que se dividía en tres sectores o "capillas" iguales, treinta pies al crucero y dieciocho a la cabecera o ábside, con diez pies de fondo a cada uno de los brazos del crucero. La altura era de cincuenta y cinco pies en todo el templo.

Se indica también que las cuatro pilastras que sirven de arranque de los nervios la bóveda del crucero irían decorados "al romano", especificándose que su decoración consistiría en rosetas.

En el contrato se especifica también la disposición de las pilastras y repisas de donde arrancan los arcos formeros y nervios de las bóvedas de los tres tramos de la Iglesia. Se define la anchura del friso o imposta, de Buena piedra y decorado "al romano" que lo recorría interiormente. Se detallan como son las ventanas y sus dimensiones.

En el exterior, se especifican como son los contrafuertes, y la cornisa y principalmente la portada, indicándose que para esta, para las ventanas y para el friso, los pilares y nervios de las bóvedas, se emplearía piedra caliza de la cantera de Tamajón, mientras que para el resto se utilizaría de la comarca de Horche, llegando a precisar la proporción de arena y cal a emplear en la mampostería. Se especifica también como debe ser la estructura de Madera de la cubierta.

Esta era una Iglesia representativa del primer renacimiento español caracterizado por el empleo de órdenes clásicos en sus elementos constructivos verticales, mientras cubrirlos se empleaban bóvedas góticas, lo que determinaba la aparición de una serie de contrafuertes exteriores que contrarrestasen sus empujes.

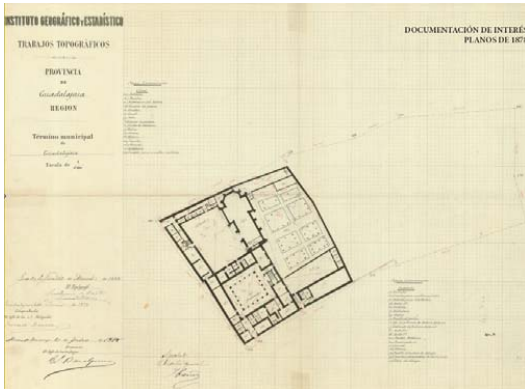


A lo largo del renacimiento religioso español estas bóvedas góticas sufieron una continua evolución, perdiendo los nervios su función estructural quedando como elementos decorativos, pasando de bóvedas de cruceña en la primera época, a bóvedas vaídas. Esta evolución se truncó con el renacimiento herreriano que substituyó las bóvedas vaídas por bóvedas de cañón.

En el templo actual se ha conservado la portada realizada personalmente por Alonso de Covarrubias, así como gran parte de las ventanas, alguna de ellas trasladada al Nuevo muro testero. Interiormente se conservan las pilastras del cruceiro y los arranque de los nervios góticos de su bóveda, así como parte del friso trasladado al cruceiro.

Además de la descripción del contrato, para conocer la planta original del templo tenemos el plano de Guadalajara levantado por el Instituto Geográfico y Estadístico, bajo la dirección de Ibañez Ibero, en 1880. Para la realización de este plano previamente se había realizado una serie de levantamientos de sus edificios públicos.

En el plano correspondiente al Convento de la Piedad, realizado a escala, aparecen reflejadas incluso las cotas tomadas "in situ" en 1878, antes de su mutilación.



540 Fig 4. Antiguo Convento de la Piedad. Año 1878. Instituto Geográfico y Estadístico

En la representación que en 1565 hace Antón Van der Wytngaerde de la ciudad de Guadalajara, aparece representado el Convento de la Piedad. En la vista se reconoce y se rotula su nombre. Se aprecia su primitiva ábside con su serie de contrafuertes, así como una pequeña espadaña situada a los pies del templo.



Fig 5. Iglesia de la Piedad en el Caserío de Guadalajara. Detalle de la vista de Guadalajara. 1565. Antón Van der Wytngaerde.

La planta de la iglesia original se ha hecho partiendo de la planta actual y sobre ella se ha trazado la primitiva utilizando los datos que se recogen en el Contrato suscrito entre D^a Brianda y Alonso de Covarrubias, y principalmente los reflejados en el Plano del Instituto Geográfico y Catastral de 1878.

Partiendo de esta planta y de lo conservado, se han realizado una serie de secciones y sus distintos alzados, tomando las alturas indicadas en el contrato.

Tanto en la planta como en la sección aparecen representadas unas bóvedas de la que no se tiene la certeza de su trazado.

Como se ha indicado anteriormente era frecuente en un primer renacimiento cubrir las naves de los templos con bóvedas de crucería. De las de este templo los únicos restos que se conservan son los arranques de la bóveda del crucero.

En las representaciones que se han hecho del templo primitivo, para el diseño de las bóvedas se ha utilizado la traza de la bóveda de crucería de una pequeña capilla en la cercana Iglesia Conventual de Santa Clara.

Este templo Conventual de Santa Clara, actual Iglesia Parroquial de Santiago es un edificio gótico de tradición constructiva mudéjar. En él, la nave del Evangelio está rematada por una capilla renacentista, la de los Zúñigas, levantada en los mismos años que la Iglesia de la Piedad y atribuida a Alonso de Covarrubias. Esta capilla a la que se accede a través de un arco apuntado con decoración de florones, está recorrida perimetralmente por medio de un friso del que arranca una bóveda de crucería. El trazado de ésta es el que se ha utilizado.

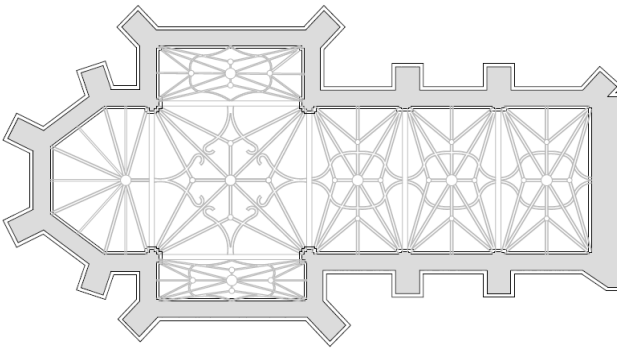


Fig 6. Reconstrucción de la Iglesia de la Piedad. Planta de Bóvedas. 2010. Dibujo de Mireya Ibarra Pérez

El número de nervios de la bóveda propuesta coincide con los que se conservan en los arranques.

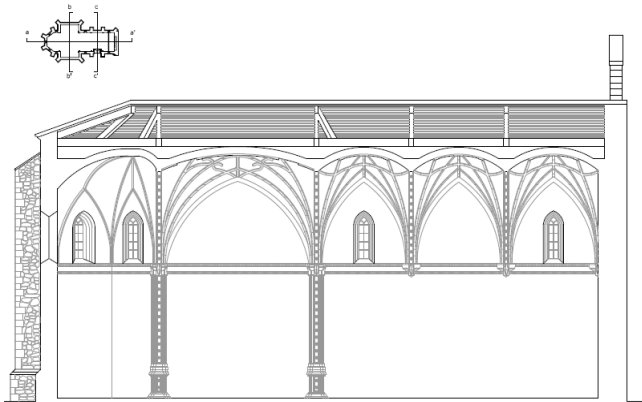


Fig 7. Reconstrucción de la Iglesia de la Piedad. Sección Longitudinal. 2010. Dibujo de Mireya Ibarra Pérez



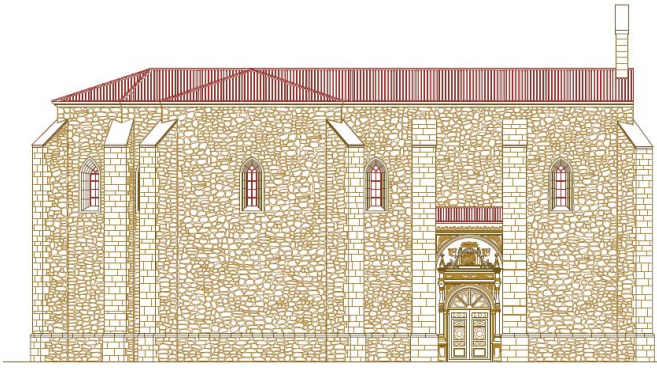


Fig 8. Reconstrucción de la Iglesia de la Piedad. Alzado Principal. 2010. Dibujo de Mireya Ibarra Pérez

CONCLUSIONES

El actual edificio que alberga los restos de la Antigua Iglesia Conventual de La Piedad difícilmente muestran su traza original, únicamente la portada milagrosamente conservada, dan idea de la importancia del templo original.

Aparte del estudio histórico del edificio que se ha realizado, así como el de otras edificaciones contemporáneas y sus sistemas constructivos, los documentos, fundamentalmente gráficos, conservados han servido para poder presentar una aproximación de la imagen primitiva del que sin duda fué uno de los principales templos del primer Renacimiento de Castilla.

Además de la planta, alzados y secciones se ha realizado una representación en tres dimensiones y un recorrido virtual del espacio original.

Referencias bibliográficas:

- Baldellou, Miguel Ángel. "Tradición y Cambio en la Arquitectura de Guadalajara (1.807-2.007)". COACM. Guadalajara 1.989.
- Cervera Vera, Luis. "Historia de la Arquitectura Española. Arquitectura Renacentista" Exclusivas de Ediciones S.A. Zaragoza. 1986.
- Díez del Corral Garnica, Rosario. "Arquitectura y Mecenazgo. La imagen de Toledo en el Renacimiento". Alianza Forma. 1987.
- García Ballesteros, Aurora. "Geografía Urbana de Guadalajara". Fundación Universitaria Española. 1978.
- García de Paz, José Luis. "Patrimonio Desaparecido de Guadalajara". Aache. 2011
- Herrera Casado, Antonio y Ortiz García, Antonio. "El Palacio de Antonio de Mendoza en Guadalajara". Aache 1997
- Layna Serrano, Francisco. "Historia de Guadalajara y sus Mendozas". ALDUS S.A. Madrid. 1942.
- Layna Serrano, Francisco. "Los Conventos antiguos de Guadalajara". C.S.I.C. Instituto Jerónimo Zurita. 1943.
- Muñoz Jiménez, José Miguel. "La Arquitectura del manierismo en Guadalajara". Institución Provincial de Cultura Marqués de Santillana. 1.987
- Pijoán, José. "La Arquitectura y la Orfebrería españolas del siglo XVI". Espasa-Calpe. 1.970
- Trallero Sanz, Antonio Miguel. "El Patio Renacentista Alcarreño". Ibercaja. 1998
- Trallero Sanz, Antonio Miguel. "Las Galerías Desaparecidas del Palacio de Cogolludo". COACM-Diputación Provincial de Guadalajara. 2000

EL TEMPLO PARROQUIAL DE SANTIAGO GUADALAJARA

Antonio Miguel TRALLERO SANZ

Universidad de Alcalá
Departamento de Arquitectura

ABSTRACT

The Parish Church of Santiago was located near the Palace of the Infantado and had to be one of the most important city.

In 1837 it was partially demolished to expand the extension of Mayor Street and in 1903, was demolished completely moved the cult to the Church of the Convent of Santa Clara disentailed.

We know the plant that had this temple in 1878 as it appears, along with those of other public buildings in Guadalajara in the city plan by the Institute of Geography and Statistics. It also maintains a print and a photograph of the head, however the analysis of these documents, and other buildings of the city, in a previous study I concluded that the partial demolition of 1837 had changed the orientation of the Church.

I recently learned of some drawings of Villaamil related to its "Artistic and Monumental Spain", have confirmed this thesis

INTRODUCCION

La ciudad de Guadalajara contó en la Edad Media con diez parroquias y cuatro conventos, más una larga lista de otras edificaciones religiosas de menor importancia, sin embargo, hechos ocurridos fundamentalmente durante los siglos XIX y XX como fueron la supresión de parroquias, la desamortización, las guerras o la falta de sensibilidad ante el patrimonio arquitectónico existente, ha hecho que muy pocos elementos de estos templos medievales hayan llegado hasta hoy.

En 1085, durante el reinado de Alfonso VI se produjo la reconquista de la ciudad de Guadalajara por parte de la Corona de Castilla.

Tras la reconquista hubo una primera época caracterizada por una política de tolerancia con respecto a la población musulmana que permaneció en el territorio, al igual que con respecto a la minoría judía, siendo favorecida y protegida por los sucesivos reyes. Esta situación cambió con Fernando III quien llevo a cabo una nueva política favorecedora de la población cristiana en detrimento del resto. Esta nueva orientación se aprecia claramente en el fuero otorgado a la ciudad de Guadalajara en 1219²⁴.

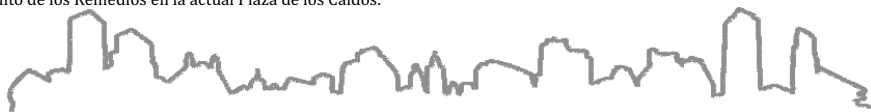
Esta nueva política se pudo llevar a cabo gracias a la Iglesia. En primer lugar se construyó un entramado parroquial en el que cada Iglesia y "collación" (parroquia) eran además una célula municipal de tributación fiscal y un encuadramiento militar. En segundo lugar se construyeron monasterios en las cercanías de las ciudades.

La organización de la ciudad medieval de Guadalajara se hizo con diez parroquias San Andrés, San Julián, Santo Tomé, San Esteban, San Miguel, Santa María, San Ginés, San Gil, San Nicolás y Santiago. En los primeros años del siglo XIX (1831) debido a la falta de recursos y a la disminución de la población de la ciudad de Guadalajara que llegó a reducirse a 1700 vecinos, se suprimieron cinco de las diez parroquias, la de San Andrés, San Julián, Santo Tomé, San Esteban y San Miguel, y posteriormente la de San Gil, quedando reducidas a las de Santa María, San Ginés, San Nicolás y Santiago.

De las cinco suprimidas se mantuvieron en un principio abiertas al culto las de San Andrés, Santo Tomé, como santuario de la Virgen de la Antigua y San Esteban, como Convento de Jerónimas²⁵, demoliéndose las de San Julián y San Miguel. Posteriormente se demolió San Andrés y San Esteban y del antiguo templo de Santo Tomé

24 Grupo de Trabajo de Geografía, Historia y Ciencias Sociales del I.B. Liceo Caracense de Guadalajara "Los Fueros de Guadalajara"

25 Tras la supresión de la Parroquia de San Esteban, esta Iglesia y unas casas anejas sirvieron de Convento de Jerónimas, trasladándose esta congregación desde el Convento de los Remedios en la actual Plaza de los Caídos.



únicamente se conservó su cabecera. En cuanto a las parroquias que se mantuvieron, la mayor parte de ellas de trasladaron a los templos de los Conventos suprimidos²⁶ demoliéndose los templos primitivos.

En cuanto a los conventos, en el siglo XV existían cuatro, llegando a catorce en el siglo XVII. Santa Clara la Real estaba situado en la antigua judería y tras la desamortización fue demolido conservándose el templo, al que, se trasladó la parroquia de Santiago.

El Convento de La Merced estaba situado en el arrabal de la Alcallería y fue demolido tras la desamortización. El de San Francisco estaba situado a las afueras de la ciudad y tras la desamortización pasó a utilizarse como cuartel. San Bernardo, inicialmente situado junto al río, se trasladó en el siglo XVI frente al de San Francisco en las proximidades de la Puerta de Bejanque. Fue demolido tras ser saqueado en la guerra civil.

Estas edificaciones religiosas, a pesar de que salvo el templo conventual de San Francisco, eran de dimensiones discretas, sobresalían, con la excepción del Alcázar Real, del resto del caserío de la ciudad, caracterizado por estar constituido por pequeñas edificaciones agrupadas en manzanas creando un laberinto de callejuelas.

Únicamente, tras el establecimiento de la familia Mendoza y su rápida ascensión a las más altas esferas del poder, se construyeron edificios civiles de mayor importancia, de entre los que destaca el palacio de los Duques del Infantado, y las nuevas fundaciones conventuales.²⁷

Debido a los condicionantes históricos y culturales de la ciudad, y también como consecuencia de los materiales constructivos existentes en la zona²⁸, la mayor parte de las Iglesias, junto con el resto de las edificaciones, se levantaron siguiendo la tradición constructiva islámica adaptada a las corrientes arquitectónicas cristianas, es decir según el denominado estilo "mudéjar".

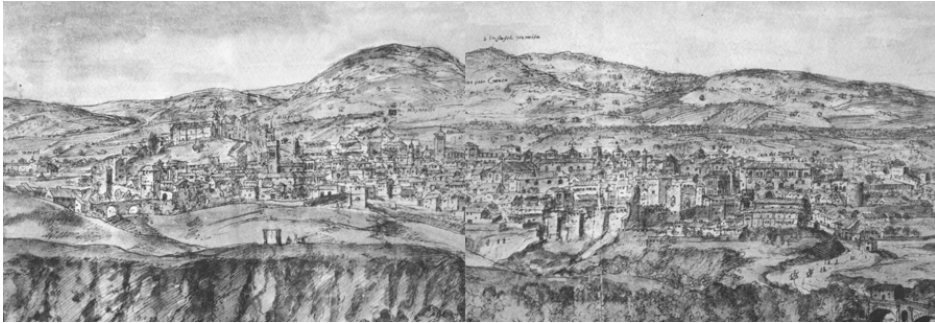


Fig 1. Vista de Guadalajara.1565. Antón Van der Wyngaerden.



26 San Ginés fue trasladado al templo conventual de Santo Domingo, Santiago a la Iglesia Conventual del Convento de Clarisas y San Nicolás al templo de la Santísima Trinidad del Colegio de Jesuitas

27 Francisco Layna Serrano "Historia de Guadalajara y sus Mendozas"

28 Antonio Miguel Trallero. "El Patio Renacentista Alcarreño"

Fig 2. Vista de Guadalajara. 1668. Pier Marie Baldi. Biblioteca Laurenziana de Florencia.

El paisaje urbano de Guadalajara en el siglo XVI queda reflejado en la vista realizada por Van der Wyngaerden en 1565 donde se aprecian los templos de la ciudad.

En la vista realizada un siglo después por Pier Marie Baldi (1668) se aprecia la transformación experimentada. Junto con la construcción de nuevos edificios de mayores dimensiones, son visibles las reformas llevadas a cabo en los antiguos templos, los que en estos años se vieron sometidos a unos procesos de "barroquización", tanto interior como exterior mediante la construcción de chapiteles como remates de sus torres.

La destrucción del patrimonio religioso durante los siglos XIX y XX supuso la transformación del paisaje urbano de la ciudad.

OBJETIVOS

A pesar de la gran cantidad de Iglesias y Conventos con los que contó la ciudad de Guadalajara, son pocos los templos construidos durante la Edad Media que han llegado hasta hoy y de ellos los edificados según el denominado "estilo mudéjar" únicamente uno completo, aunque transformado, que es el antiguo templo conventual de Santa Clara, actual Iglesia parroquial de Santiago, otro incompleto y profundamente transformado que es la Iglesia de Santa María de la Fuente, más los restos de otros dos, el ábside de la antigua Iglesia parroquial de Santo Tomé, hoy incorporado en el edificio del Santuario de Nuestra Señora de la Antigua,²⁹ y unos muros correspondientes al ábside de la Iglesia Parroquial de San Gil.

El objetivo del presente trabajo es el estudio de uno de los templos desaparecidos, la primitiva Iglesia de Santiago que aunque no se suprimió como parroquia, fue en un principio demolido parcialmente y posteriormente, tras el trasladado del culto al templo Conventual de Santa Clara, que había sido desamorzado previamente y vendido a particulares, demolido totalmente. Para ello se ha utilizado la documentación conservada.

Con respecto a esta documentación, mientras la escrita ha sido objeto de diferentes estudios, la gráfica por lo general no ha sido suficientemente analizada y sin embargo, puede facilitarnos muchos datos necesarios para llegar a conocer esta edificación.

Para ello se han utilizado fundamentalmente los fondos del Archivo General de la Administración, el Histórico Provincial y el Municipal de Guadalajara.

Han sido especialmente importantes los proyectos y planos conservados en el Archivo Municipal de Guadalajara o el Plano y documentos complementarios del levantamiento de Guadalajara del Instituto Geográfico y Catastral, así como los archivos fotográficos del Centro de la Fotografía y la Imagen Histórica de Guadalajara (CEFIHGU) de la Diputación de Guadalajara. Se han utilizado también catálogos de exposiciones e incluso revistas de la época.

CONTENIDO

La Iglesia Parroquial de Santiago estaba situada cerca del Palacio del Infantado y debió ser una de las más importantes de la ciudad. Antes de ser parroquia de Santiago fue probablemente mezquita.

Layna indica que fue mezquita reconvertida en templo cristiano, y hay referencias de una de sus capillas del año 1332³⁰, lo que indica que en esta fecha ya existía el templo, bien por adaptación de una mezquita o bien por haberse construido de nueva planta.

Posteriormente, en el siglo XVI, según Layna, fue demolida para construirla de nueva planta³¹. Probablemente no fue así, sino que sufrió una profunda transformación.

En la vista de Antón Van der Wyngaerde de 1565 aparece representada esta Iglesia. En ella se ven los contrafuertes de su nave y la torre.

29 Antonio Miguel Trallero. "De Santo Tomé a Nuestra señora de la Antigua"

30 José María Cuadrado y Vicente de la Fuente. "Guadalajara y Cuenca" (pag. 48)

31 Francisco Layna Serrano. "Historia de Guadalajara y sus Mendozas" (pag. 94)





Fig 3. Iglesia de Santiago junto al Palacio del Infantado.1565. Antón Van der Wyngaerde.

Esta Iglesia estaba situada al final de la calle Mayor Baja, la actual calle de Miguel Fluiters, quedando dos estrechos callejones a sus lados para comunicarla con las Plazas del Palacio y de la Fábrica, actual plaza de los Caidos. El callejón situado a la izquierda, según se baja por la calle Mayor, la separaba del palacio de los Duques del Infantado, con el que quedaba unido por medio de un arco que volaba por encima de este callejón. El callejón de la derecha era la comunicación más directa entre la calle Mayor y la Plaza por lo que en 1837, para conseguir una ampliación de la calle³² se procedió a la demolición de parte de la Iglesia, suprimiendo las capillas del lado del evangelio y su portada.

546

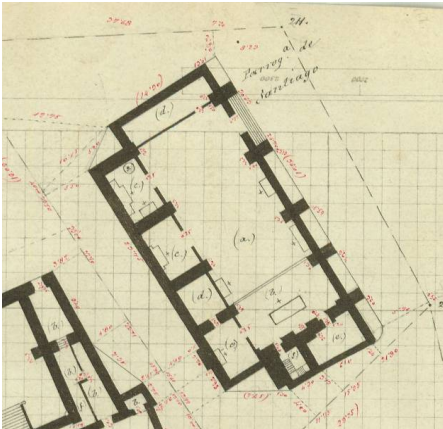


Fig 4. Planta de la Iglesia de Santiago junto al Palacio del Infantado. 1878. Instituto Geográfico y Estadístico.



Fig 5. Planta Cabecera de la Iglesia de Santiago y Arco de los Perdigos. 1864. Grabado de Rico y Fotografía de J. Diges.

³² José María Cuadrado y Vicente de la Fuente. "Guadalajara y Cuenca" (pag. 48)

Estas dos vistas y la que se acompaña más adelante, corresponden a la cabecera de la Iglesia, con la torre en primer término y el arco de los Perdigones con la que se unía al palacio de los Duques del Infantado.

En 1903, tras declararse su ruina, fue totalmente demolida, trasladándose el culto a la Iglesia Conventual de Santa Clara, cedida a la ciudad por el Conde de Romanones, tras su adquisición³³

En esta fotografía aérea se pueden contemplar los restos de la Iglesia tras su demolición

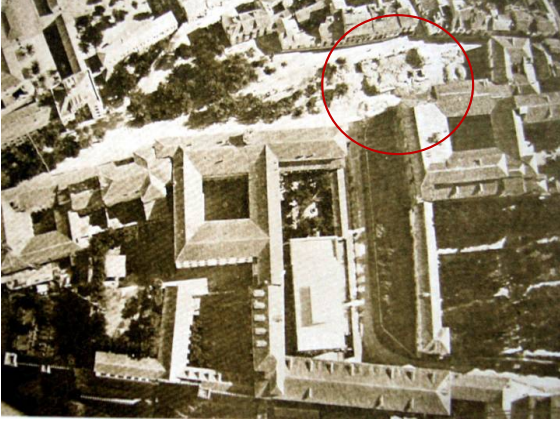


Fig 6. Restos de la Iglesia de Santiago tras su demolición. Fotografía anónima

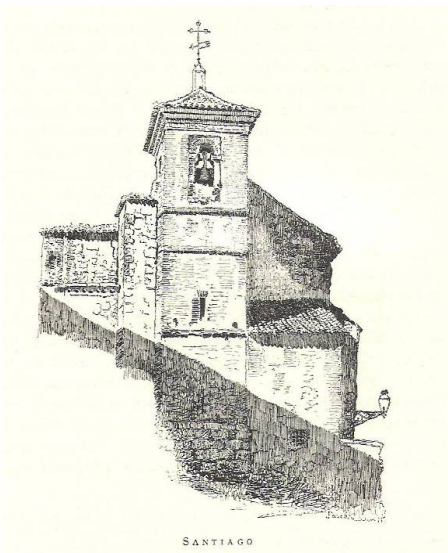


Fig 7. Iglesia de Santiago. Grabado de Pascó

El Plano del Instituto Geográfico y Catastral recoge la planta de esta iglesia, representación en la que se aprecia un templo de una nave con capillas laterales entre contrafuertes en el lado de la epístola. Contaba con una torre que se situaba en la cabecera a la que se adosaba un cuerpo constructivo destinado a sacristía.

³³ Francisco Layna Serrano. "Los Conventos Antiguos de Guadalajara"



La puerta de acceso se situaba a la izquierda del templo y a la derecha existía un arco que la unía con el Palacio de los Duques del Infantado, denominado "Arco de los Perdigones"

Esta representación es posterior a la demolición de la Capilla de los Pechas y de todas las situadas a la izquierda del templo.

En este plano aparece el presbiterio ocupando el primer cuerpo de la Iglesia, junto a la torre, existiendo en el muro frontal, los huecos de paso tanto a la torre como a la sacristía.

En los pies existe un cuerpo, separado de la nave de la Iglesia por un simple tabique, destinado a cuarto de enseres. Esta estancia tiene la misma anchura que la nave y muy poco fondo.

He comparado esta planta, fiel reflejo de la realidad en el momento en el que se levantó el plano, con la visión de la Iglesia de Antón Van der Wyngaerde, a pesar de calidad de este dibujo.

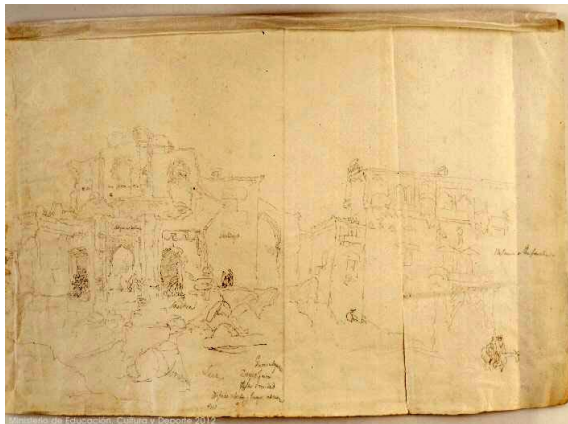
Examinando la planta, el presbiterio no parece estar situado en el lugar más adecuado, en su muro frontal existen dos huecos de paso, lo que dificultaría la colocación del retablo principal. Por otro lado, el local destinado a cuarto de enseres situado a los pies, no parece una edificación adosada sino una parte de nave de la Iglesia dividida con posterioridad por medio de un tabique.

La representación de un simple tabique como elemento de separación de la nave de la Iglesia y el "cuarto de enseres" indica que este debería tener la altura de la propia Iglesia, lo que no parece en principio muy lógico, ya que de no ser así, debería existir un muro a los pies de la nave del templo separándola del "cuarto de enseres" en lugar de un tabique.

Si examinamos la representación de la Iglesia de Santiago de Van der Wyngaerde, podemos ver que en primer término aparecen unas edificaciones adosadas, con una serie de arcos en su fachada, rematadas por la izquierda (según el dibujo) por medio de un cuerpo poligonal y por la derecha por un potente contrafuerte y tras él la representación de otro cuerpo poligonal, de mayor altura, que remata la nave, cuerpo que podría ser el antiguo ábside. José María Cuadrado recogía que en esta Iglesia, existía una capilla, la de los Pecha o de San Salvador o de la Trinidad cuyo ábside poligonal ostentaba hacia fuera cuatro series de ventanas ojivas lindamente boceladas divididas por sutiles columnas³⁴, que fue demolida junto con las restantes de la mano izquierda

El cuerpo que aparece representado (de forma burda) con arcos y con un remate poligonal pudiera ser, como ya he señalado, la capilla de los Pecha, y el cuerpo poligonal posterior que parece adivinarse, podría ser la antigua cabecera de la Iglesia, lo que de ser cierto, indicaría que esta también fue demolida y cambiada su orientación, pasando a ocupar el presbiterio el último tramo y el resto del antiguo ábside, al regularizar la planta del templo, pasaría a destinarse a cuarto auxiliar. Considero que una excavación arqueológica quizás podría darnos el trazado original de esta Iglesia.

Recientemente he descubierto la existencia de unos dibujos de Genaro Pérez de Villamil que se conservan en el Museo Nacional de Escultura de Valladolid. Estos son unos apuntes tomados del natural relacionados, sin duda, con su España Artística y Monumental.



³⁴ José María Cuadrado y Vicente de la Fuente. "Guadalajara y Cuenca" (pag. 48)

Fig 8. Vistas de la Iglesia de Santiago. 1837. Dibujo de Genaro Pérez Villamil. Museo Nacional de Escultura (<http://museosanagregorio.mcu.es>) Ministerio de Cultura, España

Se trata de una colección de dibujos a lápiz sobre papel, entre los que hay quince que representan edificios o paisajes urbanos de la ciudad de Guadalajara.

Entre estos quince hay dos que representan a la antigua Iglesia de Santiago. El primero se titula "Antigua Iglesia de Santiago" y es una vista de su "cabecera" con la torre, en la que se aprecia el Arco de Perdigones que la comunicaba con el Palacio de los Duques. Esta vista es similar a la de Pascó, Rico o la foto de Diges.

Mucho más interesante, por la documentación que aporta es el segundo dibujo, titulado "Vista del Palacio del Infantado y la demolición de la Trinidad".

En este dibujo aparece representada a la derecha la fachada principal del palacio del Infantado y a la izquierda las obras de demolición que se estaban ejecutando en la Iglesia de Santiago. La fecha probable de este dibujo es mil ochocientos treinta y siete.

En un primer término aparecen los acopios de los materiales procedentes de la demolición. Tras ellos está representada la capilla de la Trinidad (o de los Pechas) en la que se aprecia con toda claridad sus contrafuertes y sus arcos apuntados.

Por detrás de la capilla, se representa un cuerpo poligonal con contrafuertes que podría representar el ábside primitivo. Este sería un ábside mudéjar con estructura gótica que guardaría una relación directa con el de la antigua Iglesia Conventual de Santa Clara, la actual parroquia de Santiago.

Lo que se observa en esta representación guarda una total correspondencia con la representación que hizo Antón Van der Wytngaerde en mil quinientos sesenta y cinco.

CONCLUSIONES

Como conclusión a este trabajo cabe indicar que en 1837 no solamente se demolieron una serie de capillas laterales en la Iglesia de Santiago para ensanchar la calle Mayor Baja de Guadalajara, sino que también se demolió su ábside y se cambió la orientación de la Iglesia.

A estas conclusiones se ha llegado tras analizar distintos documentos gráficos, buscando sus justificaciones constructivas relativas al momento y estilo en el que se levantaron, conclusiones que se han confirmado posteriormente por medio de otro documento gráfico, un magnífico apunte del natural de Genaro Pérez Villamil.

Lo que se observa en esta representación guarda una total correspondencia con la representación que hizo Antón Van der Wytngaerde en mil quinientos sesenta y cinco.

Referencias bibliográficas:

- Baldellou, Miguel Ángel. "Tradición y Cambio en la Arquitectura de Guadalajara (1.807-2.007)". COACM. Guadalajara 1.989.
- Cuadrado, José María; Fuente, Vicente de la. "Guadalajara y Cuenca". Ediciones El Albir. 1978
- García Ballesteros, Aurora. "Geografía Urbana de Guadalajara". Fundación Universitaria Española. 1978.
- García Quemada, Ana; Mediano San Andrés, Nuria; Sánchez Jabonero, Ramón; Trallero de Lucas, Cristina; Trallero Sanz, Antonio Miguel. "De Santo Tomé a Nuestra Señora de la Antigua". Patronato Municipal de Cultura de Guadalajara. 2011
- García de Paz, José Luis. "Patrimonio Desaparecido de Guadalajara". Aache. 2011
- Layna Serrano, Francisco. "Historia de Guadalajara y sus Mendozas". ALDUS S.A. Madrid. 1942.
- Layna Serrano, Francisco. "Los Conventos antiguos de Guadalajara". C.S.I.C. Instituto Jerónimo Zurita. 1943.
- Pavón Maldonado, Basilio. "Guadalajara Medieval, Arte y Arqueología Árabe y Mudéjar" CSIC. 1984
- Trallero Sanz, Antonio Miguel. "Las Iglesias Mudéjares de Guadalajara". TIT. 2012
- Trallero Sanz, Antonio Miguel. "El patio Renacentista Alcarreño" Ibercaja. 1998



Ángel VERDASCO NOVALVOS

Universidad de Alcalá de Henares.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

Resumen

Without doubt the best drawings that explain an architecture still to be built or not even be built as in the case of Final Degree Projects.

This paper studies, through the drawings submitted by the authors, the architectures proposed by the architects of the 1959 CX promotion at School Architecture of Madrid. Several of the architects mentioned later form part of what has been called *Madrid's organicism* or *School of Madrid*.

These organicist from zeviniana affiliation, are characterized for a very significant drawing and where it acquires, probably more than on other architectures, a specific gravity that can help understand and explain.

In turn, this communication is included within a more comprehensive study (dissertation in progress) on the drawings and design strategies in the work of Curro Inza, one of these characters and main work whose material is personal archive of architect.

Texto comunicación

En un momento en que se están analizando algunas de las figuras de la arquitectura española que marcaron las últimas décadas del siglo pasado, esta comunicación estudia, a través de los dibujos, las arquitecturas propuestas por algunos de los arquitectos de la generación orgánica en sus proyectos de fin de carrera. A su vez esta comunicación se incluye dentro de un estudio más completo (tesis doctoral 35en curso) sobre los dibujos y las estrategias proyectuales en la obra de Curro Inza, uno de estos personajes y cuyo material principal de trabajo es el propio archivo personal del arquitecto.³⁶

La promoción CX de 1959 de la Escuela de Arquitectura de Madrid fue una promoción sobresaliente en la que acabaron la carrera arquitectos que marcarían los años venideros en la arquitectura española. Entre otros cabría destacar a Fernando Higueras, Curro Inza, Javier M. Feduchi, Heliodoro Dols, Juan Ignacio Gefaell, Eduardo Mangada, Miguel de Oriol y Luis Peña Ganchequi.

Varios de estos arquitectos citados formarán posteriormente junto a otros, parte de lo que se ha venido denominando organicismo madrileño y Escuela de Madrid.

El tema que desarrollaron como Proyecto de Fin de Carrera (PFC) llevaba por título el de "Capilla funeraria en un cementerio militar", bajo la tutorización del profesor Pascual Bravo y prueba de la brillantez de dicha generación, es que por vez primera se publican en la Revista Arquitectura³⁷ las propuestas más significativas con una introducción de Alejandro de la Sota, que en ese momento además de profesor en la Escuela era el Presidente del Comité de Gerencia de la revista. Esa introducción es la transcripción literal de lo que Sota les leyó en el acto de despedida cuando se graduaron:

"Desead, como todos debemos hacerlo siempre, el ser, durante toda la vida arquitectos, uno más de esa última promoción que acaba (...) ¡Enhorabuena y felicidades ¡, de todos los que siempre procuraremos ser de la última promoción". (Sota, 1959)

Después de estas impetuosas palabras juveniles, Sota les leyó el texto completo de "Al joven que se dedica a la Arquitectura" de Frank Lloyd Wright. Un texto que como se sabe habla de cómo el joven arquitecto deberá

1 Verdasco, Ángel. 2012. "Curro Inza. Una aproximación crítica y proyectual". Tesis doctoral. Departamento de Proyectos. ETSAM. Fecha de Lectura: noviembre de 2012.

2 El Archivo Inza está depositado en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid desde el año 2007. Durante los años 2009 y 2010 me dedique a clasificarlo y catalogarlo íntegramente.

3 Sota, Alejandro de la. 1959. "Alumnos de Arquitectura". *Arquitectura* nº 9, junio. COAM. Madrid. pp.3-26.

afrontar sus primeros trabajos y alejarse de todo aquello que le impida alcanzar un ideal de honestidad y pureza en su trabajo.

Al tratarse de una capilla funeraria se sobreentiende que reflexionaron sobre asuntos relacionados con las iglesias, el culto, la muerte, etc. y eso se deja entrever en la gran carga simbólica de muchos de los proyectos presentados. También se deja entrever en una nada disimulada intención de convertir las capillas en hitos en el paisaje. Todos los proyectos colocarán la capilla funeraria y sus dependencias, en lo alto de una colina, mientras que en una cota inferior estarán las tumbas del cementerio militar. (Una disposición alimétrica que recuerda sin duda a un ejemplo como la cruz del Cementerio de Estocolmo de Asplund).

Encontramos dos tipos de proyectos que podríamos denominar, los "simbólicos" y los "personales".

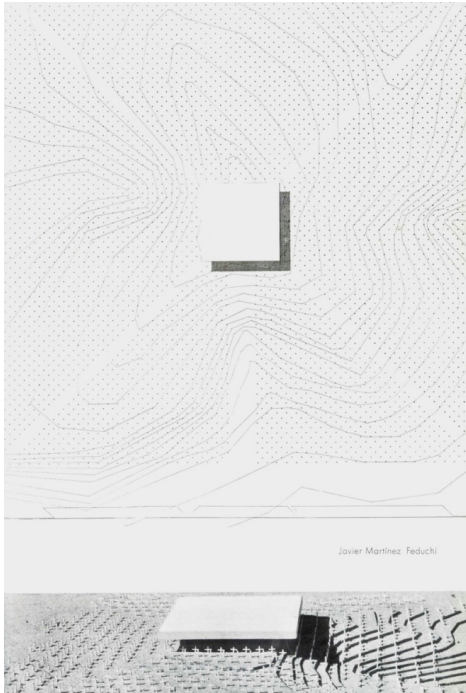


Fig1. PFC Javier Martínez Feduchi. 1959.
Revista *Arquitectura* nº 9. COAM. Madrid.

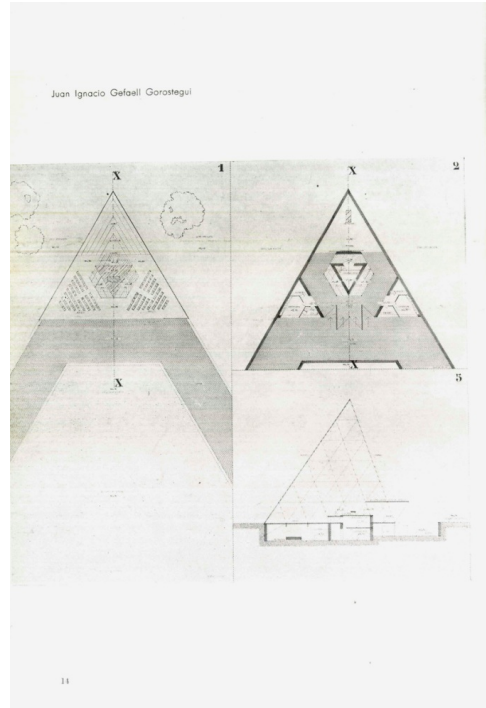


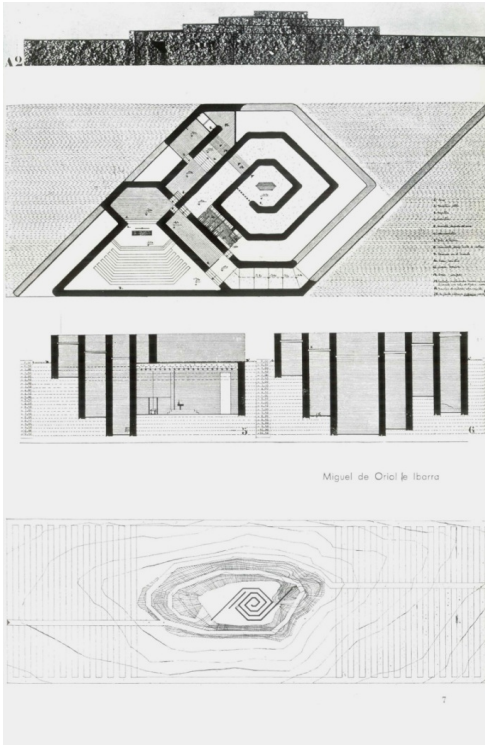
Fig2. PFC Juan Ignacio Gefaell. 1959.
Revista *Arquitectura* nº 9. COAM. Madrid.

Los "simbólicos" abordan el proyecto confiando en resolver el problema planteado mediante el uso de formas puras (cubos, pirámides o paralelepípedos), donde a posteriori se incluye y encaja el programa. Se podría decir que algunos de estos proyectos "simbólicos" tienen que ver y son deudores del proyecto de la Capilla Votiva en el Camino de Santiago que habían proyectado de Oiza, Romany y Oteiza en 1955 y que había sido un proyecto con gran difusión en los medios y repercusión en la escuela. Es el caso de los proyectos de Juan Pedro Capote, José Serrano- Suñer y Javier M. Feduchi, que plantean una gran estructura, abstracta y metálica en mitad del paisaje. Mientras que Eduardo Mangada, en la misma línea, acentúa el aspecto monolítico de volumen puro en un paisaje vacío.

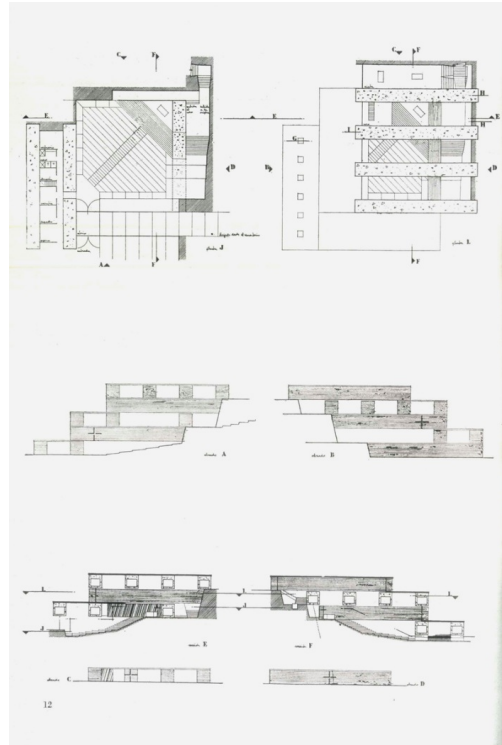
También los proyectos de José Luis Esteve y Juan Ignacio Gefaell ahondan en la idea simbólica y presentan proyectos donde otra forma pura, en este caso una pirámide, alberga la capilla y tiene gran parte del programa enterrado o semienterrado. La pirámide como en los otros proyectos se convierte en el hito iconográfico. Se convierte en símbolo y llamada.

Dentro de los que he denominado "personales", podríamos decir que existe un gran interés por la idea de crecimiento y por lo aditivo como estrategia de proyecto. Son proyectos que confían en sus propias leyes de generación para alcanzar la resolución del problema. En ellos la forma final es consecuencia del propio proceso proyectual.





Miguel de Oriol le Ibarra



12

Fig 3. PFC Miguel Oriol.. 1959.
Revista *Arquitectura* nº 9. COAM. Madrid.

Fig 4. PFC Heliodoro Dols. 1959.
Revista *Arquitectura* nº 9. COAM. Madrid.

Así, dentro de la idea de crecimiento infinito, Miguel de Oriol presenta un zigurat simétrico con respecto a la cota cero, cuya parte enterrada propone un recorrido descendente que nos lleva hasta el altar de la capilla. Un zigurat que crece hacia el cielo y a la vez se hunde en la tierra, colocado en lo alto de una colina y rodeado de tumbas en el llano. La capilla funeraria se percibe como un túmulo, como una construcción arcaica de fuerte carga simbólica en el paisaje.

Algunos proyectos, dentro de lo aditivo, aluden a la prefabricación de piezas repetidas. Es el caso de Heliodoro Dols que plantea una serie de vigas-cajón prefabricadas que permiten el paso de la luz y cubren la capilla. El escultórico volumen final, establece un diálogo entre el lleno y el vacío y se coloca también en un promontorio convirtiéndose de nuevo en referencia sobre las tumbas. Este proyecto, al igual que el de Oriol, busca una luz cenital que refuerza la idea de centralidad que ocupa la capilla, como pieza principal del programa.

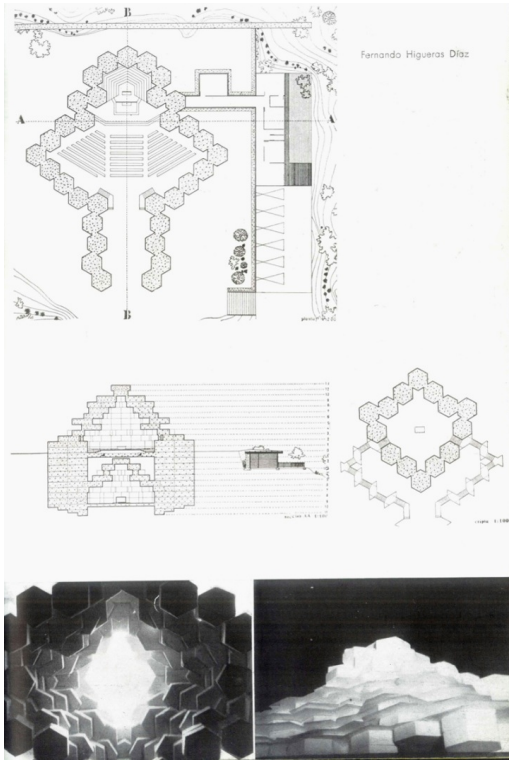


Fig 5. PFC Fernando Higuera. 1959.
Revista *Arquitectura* nº 9. COAM. Madrid.

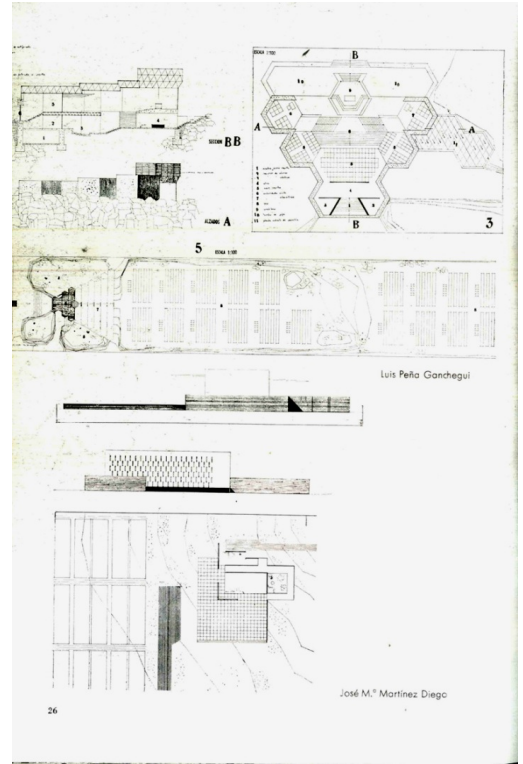


Fig 6. PFC Luis Peña Ganchequi. 1959.
Revista *Arquitectura* nº 9. COAM. Madrid.

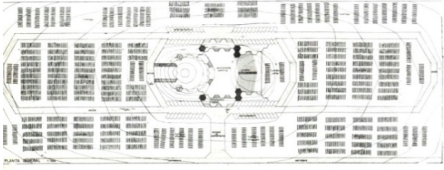
Por otra parte y dentro de la idea de adición como mecanismo proyectual, Fernando Higuera proyecta una capilla, donde las fachadas y el sistema constructivo consisten en un hexágono que se repite hasta terminar por cubrir la capilla con una cúpula. Las fases de construcción y crecimiento, se aprecian en las elaboradas fotos de la maqueta que presenta. Una maqueta brillante, capaz de explicar el proyecto, que será portada del número de la revista citada. El proyecto aborda con sorprendente madurez, temas que aparecerán posteriormente y de manera constante en su obra como el interés por la geometría y las leyes de crecimiento. Bajo la capilla aparece una cripta ciega y se puede decir que el aspecto final es el de una montaña artificial que también tiene algo de túmulo arcaico.

De una forma bien distinta al de Higuera, otros dos proyectos trabajan con hexágonos. Son los de Luis Peña Ganchequi y Emilio M^o de la Torre. En ambos la apertura de células, la circulación entre ellas o la diferenciación de alturas para crear un perfil dinámico, tienen una fuerte deuda con el Pabellón de Bruselas de Corrales y Molezún construido el año anterior y referente importante en la cultura arquitectónica del momento. 38

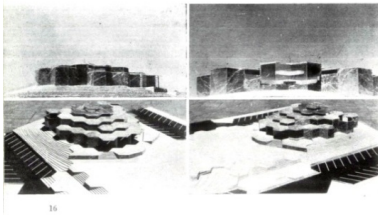
Es sorprendente ver cómo algunos de estos primeros proyectos anticipan pautas proyectuales de algunos de sus autores, siendo el caso más evidente el de Fernando Higuera y el de Luis Peña Ganchequi. Sus proyectos, uno más plástico y el otro más sereno, se pueden entender casi como una declaración de intenciones futuras. Los intereses proyectuales no van desligados de los personales, ya que será con Dols, Higuera y Peña Ganchequi con los que más relación tendrá Inza en años venideros.

4 Las propuestas del concurso del pabellón de Bruselas se habían publicado en la Revista *Arquitectura* nº 175 (julio de 1956); el proyecto de ejecución en el nº 188 (agosto de 1957) y la obra construida en el nº 198 (junio de 1958) y en el nº 200 (agosto de 1958).





Emilio M.º de la Torre. Castro.



16

Fig 7. PFC Emilio M.º de la Torre. 1959.
Revista *Arquitectura* nº 9. COAM. Madrid.

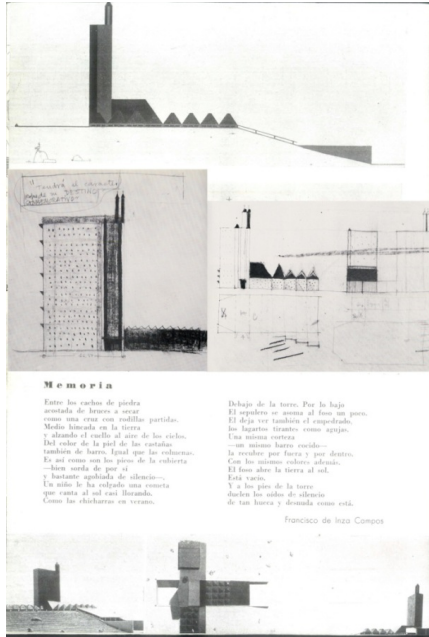


Fig 8. PFC Curro Inza. 1959.
Revista *Arquitectura* nº 9. COAM. Madrid.

Si observamos ahora el proyecto publicado de Curro Inza veremos que comparte las dos estrategias citadas anteriormente: la simbólica y la personal-aditiva. Su proyecto tomará aspectos de ambas estrategias: colocado también en un alto tiene algo de los simbólicos (la torre) y algo de los aditivos (las cubiertas de las naves)

Se trata de una planta de cruz latina. En el cruce de las naves donde se sitúa el altar, se eleva una torre opaca, mientras que los brazos de la planta están cubiertos por módulos con cubiertas a cuatro aguas. Por tanto se compone de dos partes diferenciadas: un elemento vertical (la torre) y uno horizontal (el basamento). Ambas partes, como se aprecia en los dibujos y la maqueta, establecen un diálogo de opuestos al diferenciarse en forma, color y material. En algunas fotos de la maqueta (donde ha sido levantada parte de la cubierta de las naves) se aprecia que el espacio interior se construye con una estructura modular, de módulos cuadrados que se repite rítmicamente. Cada módulo estructural está cubierto con una pirámide de base cuadrada con hueco cenital que permite la iluminación natural.

La máxima altura del proyecto se vincula al acceso al altar. Alrededor de la torre crece el resto del proyecto. Las torres significan el lugar donde el proyecto (y sobre todo el tema del proyecto: el comer o la muerte) se ancla a la tierra.

Frente a la rotundidad de pieza única que tiene la torre, las naves horizontales están construidas mediante un sumatorio de módulos de escala menor, lo cual añade a la dicotomía volumétrica una dicotomía constructiva y estructural. El módulo repetido de cubierta parece poder crecer infinitamente en la dirección dada.

Si observamos los dibujos y la maqueta³⁹ vemos que la elevación más alta coincide con el altar y tiene un ábside abombado tras el cual está el foso. Los accesos al altar, y por tanto a la capilla, se producen desde las naves laterales y existe un peldaño en la nave central y se accede por debajo de la cruz (detalle importante que reutilizará en el Concurso de la iglesia que posteriormente hará en Cuenca al año siguiente). En el dibujo a mano de la planta, plantea una barra de servicios laterales a la nave central. Renuncia a ella en la versión final y los relega a uno de los brazos laterales, como puede verse en la maqueta. A su vez, la capilla, que en los dibujos mide 16,50 m de ancho, (lo que equivale a una altura de 27,5m, sin contar en campanario) se estiliza en la solución final presentada en la maqueta. Dibuja puntos en fachada que no aclaran si se trata de encofrados, pero que en cualquier caso refuerzan la condición masiva y opaca de la torre. Tampoco hay sección dibujada pero se supone por la memoria que existe una luz cenital que desde 27 metros hace resbalar la luz hasta el altar.

5 La maqueta era de corcho y estuvo colgada en la casa de los Inza hasta su rotura en el año 2005.

Se lee escrito a mano sobre el dibujo del alzado: "Tendrá el carácter propio de su destino conmemorativo". Esto es lo único que Inza escribe a mano en todo el proyecto. Le preocupa el "carácter" del edificio. Este dato es precoz pero será determinante para entender proyectos posteriores, ya que prácticamente se podrá hacer una lectura de proyectos futuros viendo como Inza lo primero que se pregunta es por el carácter que debe tener el edificio a proyectar y el germen de este entendimiento de la arquitectura es su Proyecto Fin de Carrera.

Aquí el carácter sin duda es complejo, construye una torre autista y además proyecta un vacío que se percibe como opaco pero está lleno de luz con una materialidad rugosa y táctil frente al cuerpo bajo que tiene huecos perfectamente rectangulares y que nos habla de una arquitectura prefabricada y montada en serie. La dialéctica volumétrica y el sistema de opuestos nos recuerdan a proyectos como el de Utzon en el proyecto de Elsinore de 1958. (Un sistema que el propio Utzon volverá utilizar en el concurso del Teatro de Zurich de 1964).

A pesar de la contundencia de la torre, la evolución proyectual de Inza se aprecia más en los módulos estructurales y sus correspondientes cubiertas. Será aquí donde más entronque su obra con el panorama internacional. (Este interés por lo aditivo como mecanicismo proyectual, perdurará como una seña de identidad en su obra como veremos en capítulos posteriores).

Finalmente y en comparación con sus compañeros el proyecto de Inza ni pertenece a los "simbólicos" ni a los "personales" y a la vez participa de ambos. Es un proyecto más sofisticado que el de sus compañeros ya que Inza es capaz de superponer y trabajar con dos lenguajes de forma simultánea: el simbólico frente al aditivo (representado en la torre frente a las naves). Ambos lenguajes, y aquí estriba la complejidad, alcanzan diversos aspectos del proyecto. Por una parte la oposición volumétrica (vertical/ horizontal), la diferencia estructural (el muro de carga frente a los pilares de las cubiertas) y los distintos sistemas constructivos (lo masivo de la torre frente a la tendencia a la pieza prefabricada de las cubiertas).

Finalmente la "función" de meditar, más espiritual (o sea la torre) es más alta y las de estar-vivir-morir (o sea las naves) es más baja y pegada a la tierra.

Es importante señalar la sorprendente madurez del proyecto y la capacidad de negociación que establece Inza entre esos dos lenguajes, en principio antagónicos. Observemos, por ejemplo, como "estira" las cubiertas para alcanzar y contactar con la torre y como las vuelve a estirar para alcanzar el suelo que está a la cota inferior de las tumbas. Una negociación que respira flexibilidad, y que anticipa otra característica que encontraremos en posteriores obras del autor.

En esta dualidad superpuesta de lenguajes, premeditadamente compleja y contradictoria, firma Inza quizás, el proyecto más brillante de su promoción.

Estos dibujos iniciales de su primer proyecto alcanzan en alguno de estos autores (Higueras, Peña Ganchequi, Dols, Inza) intereses que alcanzaran al resto de su obra, abriendo caminos proyectuales de verdadero interés.

Estos dibujos hablan de los intereses de una de los periodos más fructíferos de la arquitectura española en un momento decisivo de su vuelta a la modernidad y su vinculación internacional.

Las arquitecturas propuestas, a lo largo de los años sesenta y setenta, por estos organicistas de filiación zeviniana, se caracterizarán por una relación muy significativa con el dibujo, donde éste adquiere, probablemente más que en otras arquitecturas, un peso específico que puede ayudar a entenderlas y explicarlas.

Referencias bibliográficas

- Archivo Personal del Arquitecto Curro Inza. Madrid.

- VV.AA. 1978. El Arquitecto Curro Inza. Impresores Reunidos. Cirsá. Madrid.

-Verdasco, Ángel. " La arquitectura de Curro Inza: una aproximación crítica y proyectual". ETSAM. Madrid. Tesis doctoral. Lectura noviembre 2012.

- Sota, Alejandro de la. 1959. "Alumnos de Arquitectura". *Arquitectura* nº 9, junio 1959. COAM. Madrid. pp.3- 26.



Pedro VERDEJO GIMENO
José Manuel GANDÍA ROMERO

Universidad Politécnica de Valencia
Departamento De Expresión Gráfica Arquitectónica

Resumen

The latest technologies in the realization of architectural survey have enabled the direct dissociation between the author and the building project, with the risk posed to the study and reflected the fact built. It is therefore important to note that the picture remains a methodology for analyzing and understanding the building process allowing its live, think and understand the element drawn. It is therefore necessary to balance the latest technologies and traditional lifting to keep the essence of graphic expression in architecture research.

Texto comunicación

INTRODUCCION

A la hora de elaborar un proyecto de intervención arquitectónica en el Patrimonio construido, es para todos un hecho consensado desde sus primeras fases en la elaboración de un estudio previo hasta el propio proyecto, que uno de los primeros documentos a realizar es el levantamiento gráfico, siendo este la herramienta fundamental para generar el documento base que aportará los datos necesarios para establecer las estrategias y decisiones sobre el tipo, grado y nivel de la intervención a realizar. El empleo del dibujo y la representación gráfica, como defiende el propio Antonio Almagro, se establece como camino a la comprensión y entendimiento del conjunto del edificio y ha sido la herramienta fundamental que ha permitido la lectura, indagación y análisis posterior tanto del propio edificio como de los diferentes elementos que los integran, entendiéndose como un método de investigación. Por tanto el dibujo llega a conformar una metodología propia para poder entender de una manera más profunda el edificio construido, así como su estratificación, construcción y vida.

Este proceso de la elaboración del levantamiento gráfico mediante el proceso de dibujar el propio edificio de forma tradicional, proporciona a los técnicos la posibilidad de entenderlo desde una visión general hasta el estudio de cada uno de sus elementos, dotando de un tiempo suficiente para poder ser reflexionado, entenderlo y conocer su estado actual, para poder aproximarse a su comportamiento.

Pero en los últimos años hemos llegado a un nivel tecnológico tal, que ha posibilitado que el futuro autor de una intervención no llegue a tener relación directa con la realidad construida, o en cambio, que la lectura de sus datos, entendiéndose como estas sus dimensiones, lesiones, e imperfecciones, se haya convertido en una relación puramente tecnológica e inmediata, perdiendo ese tiempo de reflexión y aproximación pausada al edificio. Es cierto que estas últimas tecnologías son inmensamente atractivas, que posibilitan una toma de datos sencilla y rápida así como una exactitud de lo registrado, pero por el contrario también suponen una ruptura en la estrecha relación que debe existir entre el autor de una intervención en este tipo de bien patrimonial y el propio bien. Pensamiento y dibujo debe ir siempre y nunca mejor dicho, de la mano, pero valorando si cabe más el tiempo en que el autor emplea en el propio levantamiento, y la reflexión que este alcanza mientras lo dibuja.

En el proceso de entender la elección de la metodología más acertada entre las técnicas tradicionales o las que integran las últimas tecnologías, unida las los diferentes condicionantes exteriores que afectarán en gran medida un proyecto de intervención, con la ventaja de poder comprobar a posteriori una vez finalizada la intervención, si el método elegido para el levantamiento realizado es el más acertado o no, con afección directa y en gran medida a documentos propios que conforman el proyecto como las mediciones, el presupuesto y el éxito o fracaso de su desarrollo, se pretende exponer el proceso seguido en la documentación gráfica generada para el proyecto de intervención del Portal de Quart (figura 1), desarrollado durante los años 2006 y 2007 para el Ayuntamiento de Valencia por un equipo multidisciplinar de la universidad Politécnica de Valencia dirigidos por los doctores arquitectos Manuel Ramírez y Javier Benlloch.



Fig 1. Imagen del Portal de Quart. 2005.

DESARROLLO

El Portal de Quart (figura 2), constituían una de las cuatro puertas mayores a la ciudad medieval de Valencia y han quedado como uno de los testimonios principales de la época donde la ciudad se encontraba amurallada. Se sitúa orientado hacia poniente y era el camino de entrada y salida hacia los pueblos y ciudades del interior de la península por el camino Real de Madrid. Tradicionalmente nombradas como Portal de la Cal ya que desde 1650 toda la cal que entraba en Valencia tenía que entrar por esta puerta. Sus obras comenzaron en 1441 de la mano de Francesc Baldomar, trabajando a lo largo de sus construcción diversos maestros valencianos como Jaime Pérez (1460), Pere Compte (1468), hasta su finalización a cargo de Pere Bonfill en 1493. Su construcción dio comienzo por el portal continuando después por las torres.



Fig 2. Imagen del Portal de Quart. 2005.

El primer punto que se plantea para establecer la profundidad del levantamiento a realizar, es la precisión y la exactitud requeridas por este, entendiendo la precisión en la medida que se quiere que concuerden dos o más lecturas y la exactitud de cual cerca esta la medición del valor real que representan, siendo estas características a priori innatas en cualquier levantamiento patrimonial, pero que habitualmente coinciden en la metodología y el proceso de levantamiento a elegir.

La decisión de establecer este grado de precisión y el de exactitud que necesita el levantamiento, depende inicialmente de los requerimientos a las que va enmarcado el futuro proyecto de intervención, así como los condicionantes habituales en la gran mayoría de trabajos, pero no por ello menos importantes, como el tiempo que se dispone o el presupuesto asignado para dicha tarea. Por tanto, establecer la metodología a que va estar sujeta toda la toma de datos y su posterior reproducción gráfica, estará supeditada a dar respuesta a los requerimientos del proyecto a desarrollar posteriormente, el tiempo a emplear y el coste económico a asumir. En ocasiones puede ser incomoda tomar esta decisión sobre la profundidad a la que debe dar respuesta el trabajo a desarrollar, ya que puede suponer que nuestro trabajo no va estar dotado de todo el nivel de calidad



que se quisiera alcanzar, pero la realidad de la condiciones de coste y tiempo o del propio proyecto arquitectónico y la coherencia del trabajo a desarrollar, hacen que sea una de las primeras decisiones a tomar en la generación del documento base de todo proyecto de intervención.

El proyecto de intervención del portal de Quart, fue desarrollado durante los años 2005 y 2006 por un grupo multidisciplinar formado por arquitectos, ingenieros, geólogos, físicos y arquitectos técnicos entre otros, siendo esta pluralidad uno de los aspectos más enriquecedores del propio grupo, que debía de dar respuesta al proyecto de intervención que contaba con varias premisas características propias de esta intervención, como es una fecha de inicio de obras, la dotación de un presupuesto limitado y el respeto que se le debe a todo edificio patrimonial que ha configurado la propia historia de la ciudad.

Una de las primeras etapas, por no decir la primera, constaba en realizar un levantamiento fiel de las Torres, como documento base donde se articularía todo el proyecto, tanto en la propia toma de datos y representación gráfica como en el reconocimiento de las lesiones, la disposición de pruebas y ensayos, la propuesta y grado de intervención, así como las técnicas a emplear según las características específicas del edificio junto con la elaboración de las mediciones y presupuesto de la intervención, que serviría para ofertar y licitar las diferentes empresas constructoras y que al final por mucho que nos pese, puede convertirse en el documento más comentado y discutido en la propia obra.

A priori se partían de unos planos conocidos realizados en la intervención llevada a cabo entre 1976 y 1982 el arquitecto municipal Emilio Rieta López, pero que tras realizar una primera aproximación al monumento, se pudo comprobar que no eran todo lo precisos que se pretendía para el nuevo trabajo, y que su empleo como base para el nuevo levantamiento, podría introducir asumir errores graves no asumibles en el grado de fidelidad deseada. Por ello se tomo la decisión en primer termino de realizar un nuevo levantamiento completo, sin tener ninguna consideración de planos preexistentes anteriores.

El corto plazo temporal con el que se contaba y el grado de exactitud y precisión que se quería dotar al trabajo, hizo estudiar la metodología a emplear en el trabajo encaminado a utilizar las últimas tecnologías con el que disminuir sustancialmente el tiempo empleado, pero tampoco se quería renunciar a la utilización de las técnicas tradicionales de levantamiento que permitieran un acercamiento paulatino y reflexionado al monumento.

Se procedió por tanto a realizar dos equipos de levantamiento en estrecha relación donde ambos se apoyarían y se nutrirían de los datos obtenidos, generando planos requeridos de forma constante por los demás equipos que componían en proyecto. Por una parte se procedería a un levantamiento tradicional, mediante el uso de flexómetro, plomada, distanciometro laser e incluso peine de arqueólogo para obtener detalles de molduras y ornamentaciones.(figura 3) Por otro lado se contaría con un equipo dotado con teodolito electrónico y herramientas informáticas que se dedicaría a realizar apoyo fotogramétrico al levantamiento tradicional.(figura 4).

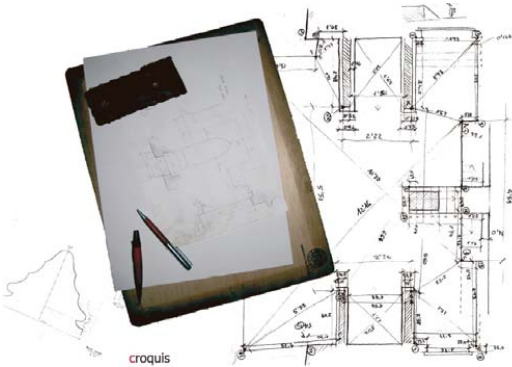


Fig 3. Imagen del proceso de levantamiento tradicionales. 2005.

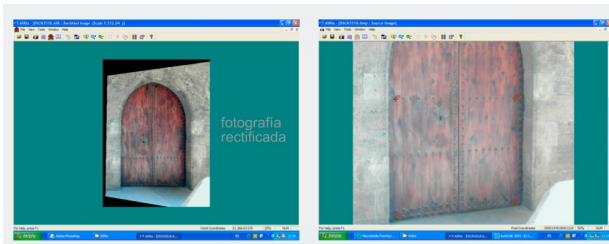


Fig 4. Imagen del proceso de levantamiento con rectificación fotográfica. 2005

De esta forma se contaría con un levantamiento planimétrico preciso y reflexionado junto con una altimetría precisa, que serviría como base para elaborar un proceso de mapeado de lesiones trabajando directamente sobre las fotografías rectificadas a escala real. En este aspecto y dada la geometría característica que define las torres del Portal de Quart, con dos enormes volúmenes semicilíndricos unidos por el propio portal, que por su lado de intradós no presentan lesiones importantes, pero que en cambio a su extradós presenta una infinidad de distintas lesiones, tanto las propias del paso del tiempo como fisuras, pérdidas de revestimiento, pátinas y suciedad, así como las propias de un edificio defensivo de la ciudad de Valencia, donde aún pueden observarse las huellas de los impactos de artillería en recuerdo del sitio y toma de Valencia durante la Guerra de la Independencia contra el Mariscal Monecy del ejército francés, llegándose a contabilizar un total de 132 marcas de artillería y más de 1.000 perforaciones de proyectiles de fusil. La necesidad de reconocer todos estos elementos junto con las formas curvas y las dimensiones que presentan con cerca de 34 metros de altura, requisito de un apoyo especial para poder realizar un documento legible, ágil y real del estado en que se encontraba las Torres. Además, si se debía de cuantificar de una forma fiel y real el coste económico de la intervención, se debía de contar con un documento que no permitiera desviaciones sustanciales, ya que aunque a veces no se es reconocido, de este punto depende muchas veces llevar a buen término frente a la empresa encargada de las obras y el promotor.

Para ello se optó por realizar un plano del desarrollo fotogramétrico del extradós de los muros de todo el Portal de Quart, que aunque obviamente podía presentar pequeñas desviaciones por la deformación del muro, se pudo comprobar y ajustar mediante el control geométrico del propio volumen y del uso de herramientas informáticas (figura 5). Esto permitió obtener uno de los documentos más usados en el estudio de la intervención de los muros, tanto en la elaboración del proyecto por los propios miembros de los diferentes equipos, como en la propia obra por personas completamente ajenas al levantamiento, ya que se consiguió un documento sencillo en uso tanto en el mapeo de lesiones como para la medición de las diferentes partidas, como posteriormente en el control de intervención de la obra.

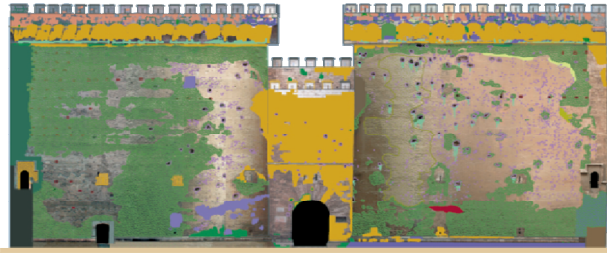


Fig 5. Desarrollo de los paños de muros exteriores del Portal. 2005

Lo interesante de estudiar un caso donde el documento que conforma el levantamiento gráfico, como documento base para el desarrollo de todo un proyecto de intervención, y que además se ha sido empleado con posterioridad por una empresa ajena al equipo redactor para licitar y ejecutar tal obra, es poder comprobar tiempo después de realizar este levantamiento, si realmente el proceso seguido a sido útil, fiable y efectivo, y poder efectuar una autocritica de la metodología empleada en su realización. Uno de los métodos empíricos más sencillos para comprobar este proceso, es tras la finalización de los trabajos de intervención y todo el proceso de certificación de los trabajos ejecutados por la empresa constructora, conocer si en las mediciones de estos los trabajos, han sufrido desviaciones considerables, o bien si en el transcurso de la obra se ha visto que el levantamiento presenta errores o es poco fiable, así como si el documento empleado posteriormente por la empresa restauradora, ha sido poco efectivo o ágil.

CONCLUSIONES.

Siete años después de realizar un levantamiento y claramente con la aparición en el panorama actual de nuevas herramientas junto con la optimización de los procedimientos, sería ridículo pensar que el trabajo que se realizó para el levantamiento del Portal de Quart, es perfecto y se volvería a realizar de la misma manera. Existen actualmente técnicas como los laser 3D que resultarían óptimas para la toma de datos de edificaciones con volumetrías complejas y con curvatura como presentan las Torres, pero no es menos fundamentado decir, que el proceso seguido si que permitió un control exhaustivo de las lesiones y su cuantificación, así como su comprobación y seguimiento. Poder trabajar con fotogrametría de alta resolución de todos los paramentos de las torres, agilizó y simplificó en gran manera los trabajos de mapeado de lesiones, obteniendo un óptimo resultado, ya que como se comprobó en la liquidación final de la obra, no se produjeron desviaciones en la cuantificación de los trabajos realizados. Pero, lo que destacaría es la importancia que tuvo en el desarrollo del levantamiento seguir empleando técnicas tradicionales, que permiten convivir en tiempo y espacio con el propio edificio, posibilitando comprender y reflexionar muchos aspectos que las últimas tecnologías no son capaces de dar. Como ejemplo citar las pinturas que aparecieron en el interior de numerosas dependencias,



de las que se desconoce su procedencia y que en la actualidad tras el proceso de limpieza y restauración se pueden contemplar plenamente. (figura 6)



Fig 6. Pinturas aparecidas en las escaleras de acceso. 2006

Nos encontramos por tanto en una época donde las últimas tecnologías sobre levantamiento y toma de datos pueden suponer una desvinculación entre la propia información gráfica y el edificio, por lo que no se debe de encontrar un equilibrio adecuado entre esta tecnología y el dibujo, que permita no alejarnos de la expresión gráfica del edificio estudiado.(figura 7)

560

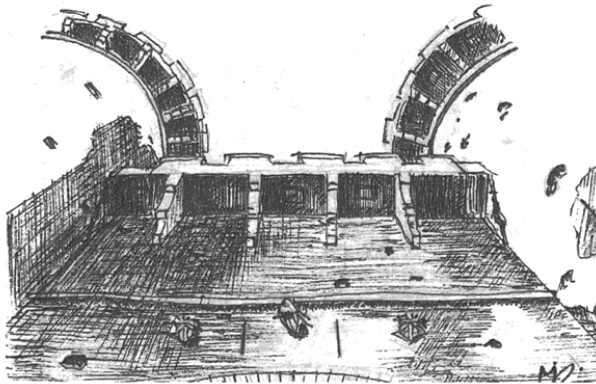


Fig 7. Apunte del Portal realizado por Manuel Ramírez. 2006

Referencias bibliográficas

- AA.VV 2002. *Patrimonio Arquitectónico. Estudios Previos*, Valencia, Universidad Politécnica de Valencia.
- ALMAGRO GORBEA, A. 2004, *El levantamiento Arquitectónico* . Ed. Universidad de Granada.
- BENLLOCH MARCO J; RAMÍREZ M. 2007, *El Portal y las Torres de Quart de Valencia (S. XV)*: Universidad Politécnica de Valencia.
- CANOSA REBOREDO S. 2007, "Levantar geoméricamente los edificios existentes", *Método RehabiMed*, , vol 4, pp 161, 250. Barcelona
- JIMENEZ MARTIN A, PINTO PUERTO F. 2003, *Levantamiento y análisis de edificios. Tradición y futuro*. Universidad de Sevilla.

EL DINAMISMO DE LAS SOMBRAS Y SU EFECTO GEOMÉTRICO

Amparo VERDÚ VÁZQUEZ
Universidad Politécnica de Madrid
Departamento de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación

Valentina SIEGFRIED VILLAR
Universidad Alfonso X el Sabio
Departamento de Ideación Gráfica

Sonia DELGADO BERROCAL
Universidad Alfonso X el Sabio
Departamento de Ideación Gráfica

Resumen

La luz nos permite percibir el espacio, el entorno y dar forma al objeto. En el campo de la arquitectura, la luz resulta ser el aliado imprescindible ya que sin ella se perdería la esencia última del objeto arquitectónico. La riqueza de matices de la multitud de formas que acompañan al edificio cobra especial importancia cuando se ilumina. La existencia de luz conlleva la existencia de sombra (Arnheim, 1974).

Las sombras obtenidas mediante iluminación natural aportan movimiento al objeto ya que, como el foco que las produce, están ligadas a un recorrido permanente. Esta característica lleva implícita un cambio continuo que imprime movilidad a la arquitectura que lo contiene.

INTRODUCCIÓN

Vivimos inmersos en una espiral de cambios constantes. Al igual que cualquier otro objeto, los objetos estéticos tienen fecha de caducidad. Nos encontramos en la sociedad de lo efímero, de la moda de usar y tirar. Nos aburriríamos de lo conocido y queremos poseer lo nuevo.

Para evitar el desgaste del factor novedad del objeto, debemos conseguir imprimirle un atractivo en su propia esencia. Una manera con la que plasmar esta característica podría basarse en la generación de sombras dinámicas. Sombras, que acompañando el movimiento de los rayos solares, surgen por la proyección de formas geométricas profundas o en relieve que marcan un ritmo, una textura variable dentro de la envolvente de la edificación.

Acorde con esta línea, podemos citar y analizar algunos ejemplos históricos significativos, ubicados en España, que lo ilustran claramente, tales como "La Casa de las Conchas" (Salamanca), "La Casa de los Picos" (Segovia) o "El Palacio del Infantado" (Guadalajara), en los que la repetición del mismo elemento decorativo en una fachada produce efectos diferentes como resultado de distintas iluminaciones.



Fig 1.
Casa de las Conchas
Fuente:
<http://especialcasadelasconchas.wordpress.com/2010/05/25/un-misterio-en-cada-concha/>
Consultado abril 2012



Fig 2.
Casa de los Picos
Fuente:
<http://foro.unffmm.com/viewtopic.php?nomobile=1&f=18&t=1229&start=150>
Consultado abril 2012



Así, la "Casa de las Conchas" cubre su superficie de fachada utilizando elementos ornamentales con forma de concha, dando una composición y originalidad que no se encuentra sólo en el motivo elegido, sino también en la disposición de las más de 300 conchas colocadas al tresbolillo siguiendo la tradición mudéjar de decoración en rombo.

Esta sucesión repetitiva de elementos que recorren la superficie, incorporados como patrón de diseño, resaltan con el efecto de su sombra, el aspecto de la ornamentación, y a su vez posibilitan la lectura de distintas arquitecturas según la intensidad y orientación de la luz. Estos motivos posibilitan una nueva valoración, al añadirse exteriormente como una segunda piel con formas de perfil cambiante, llegando con ellos al contraste de luces y sombras como resultado del trabajo de volúmenes.

De modo similar, en "La Casa de los Picos" y en "El Palacio del Infantado", que revisten su fachada con puntas de diamante o picos, el elemento alterno envolvente hace que la misma obra arquitectónica sea diferente a distintas horas del día y en diferentes épocas del año, a través de la percepción corpórea dinámica, continua y variable del propio edificio.

Se observa que la falta de constancia de los factores luminosos y la mutabilidad del tiempo, provocados por las alteradas condiciones atmosféricas, incorporan la sombra como elemento cambiante, añadiendo a la percepción una cuarta dimensión temporal, una cualidad variable de la experiencia de la arquitectura.

Este hecho nos hace reflexionar acerca del tiempo, al ver la fugacidad de la proyección de suaves veladuras de grises provocadas por los cuerpos, con las que se definen y matizan los volúmenes, las texturas y los huecos.

Como ejemplos más actuales encontramos "La Casa Batlló", localizada en Barcelona, donde la sinuosidad de las líneas geométricas que delimitan los distintos elementos de las fachadas, generan juegos cambiantes de sombras, o "El Auditorio de León", en el que se produce un juego similar a partir de geometrías rectas que definen planos focalizados en aberturas.



Fig 4.
Casa Batlló
Fuente:
<http://photobarcelona.files.wordpress.com/2009/10/image21.jpg>
Consultado abril 2012



Fig 5.
Auditorio de León
Fuente:
<http://ahorainformacion.com/leon/php/noticia.php?id=767&tipo=local&seccion=cultura%20y%20ocio>
Consultado abril 2012

Considerando el ejemplo de "La casa Batlló", las formas y volúmenes se van desprendiendo de la rigidez en una fachada donde la textura sigue mostrando el paso del tiempo según la intensidad y dirección de la luz, dando efectos de claro-oscuro que acaban tratándose de modo casi pictórico, en una composición compleja de relieves desprovistos de líneas rectas.

La luz logra destacar la volumetría y las proporciones de las partes integrantes de la superficie, dando a conocer los objetos. La generación de la imagen que percibimos de las masas arquitectónicas, así como el papel que juegan éstas en la apariencia, queda literalmente patente bajo la dimensión de la arquitectura (Sanz, 1996).

Observando el "Auditorio de León", las regiones de oscuridad donde la luz es obstaculizada y cuya silueta proyectada viene definida por el objeto que aspira la luz, producen una concepción espacial construida en la manifestación externa de la edificación, como vestidura de la arquitectura, llegando a fachadas sin adornos, cuyos huecos, sin moldura del marco, cobran fuerza y protagonismo por una profundidad destacada por su sombra.

Por tanto, se observa que elementos y recursos como el juego luz-sombra, obtenidos retranqueando las aberturas o huecos de fachada o incorporando agregados geométricos, producen contrastes entre las caras iluminadas, las que no lo están y las sombras arrojadas, lo que manifiesta el efecto cambiante y variable de la arquitectura, más allá de la decoración del muro, llegando a conmover, motivar y atraer al espectador.

OBJETIVOS

Para aportar a nuestro entorno un cambio continuo, proponemos el empleo de revestimientos que incluyan formas geométricas en su superficie que, sustituyendo a la superficie plana, produzcan un abanico de sombras que imprima una variación constante.

Una intervención en la envolvente, conseguida mediante la materialización de una pieza de fachada y por la variación de la iluminación natural, producirá una expectativa sobre el resultado. Su resolución intensificará el atractivo y la utilidad de la solución arquitectónica, permitiendo nuevas visiones del acabado exterior del edificio.

El objetivo es, por tanto, la utilización de revestimientos estéticos dinámicos.

Tradicionalmente, el soleamiento se ha tenido en cuenta en la génesis del objeto arquitectónico:

- para orientar cada una de las salas en función de su uso
- para conseguir alcanzar ciertos efectos de puesta en escena
- para reforzar la importancia de determinados personajes, fechas...
- para protegerse de sus rayos en los momentos de máxima fuerza y aprovechar su calor en las épocas térmicamente más desfavorecidas (lo que nos conduce a las arquitecturas bioclimáticas, sostenibles, populares,...)

pero su uso con una finalidad únicamente estética no ha conseguido alcanzar un interés similar al de otros fines.

En otras culturas como por ejemplo la japonesa, la belleza y las sombras están íntimamente relacionadas.

"...lo bello no es una sustancia en sí sino tan solo un dibujo de sombras..." (Tanizaki, 2001, p. 69)

Un planteamiento que debemos hacernos es que para incorporar el uso estético-dinámico de las sombras sin por ello encarecer el coste de la construcción innecesariamente, debemos utilizar elementos que ya cumplan una función. Encontramos el elemento adecuado para conseguir nuestro objetivo, en las piezas que se emplean para conformar los revestimientos. Las piezas elegidas cumplirían de este modo una doble función, por un lado la protección del cerramiento, por tratarse de un revestimiento, y por otro la generación de una estética cambiante.

CONTENIDO

Es posible conseguir un efecto dinámico sin necesidad de recurrir a piezas móviles y complicados mecanismos, que supondrían un gasto innecesario de puesta en funcionamiento y de mantenimiento. A través de los aplacados podemos aportar un resultado que sea cambiante utilizando las características de su sombra, generada mediante la iluminación natural, de la combinación de diferentes superficies.

Cuando una geometría se ilumina con luz natural produce un resultado vivo que adopta distintas formas, con un movimiento en constante evolución.

Desde el campo de la geometría, a través del estudio del soleamiento y de la teoría de sombras (Doménech, 1999), es posible realizar una predicción de estos resultados de iluminación, para diseñar unos revestimientos que incluyan "geometrías generadoras de sombras" que resulten ser adecuadas para cada posicionamiento.

El estudio de la forma y el tamaño de sombra generada por una u otra geometría, en función de su ubicación, orientación y disposición, permite realizar una elección adecuada para cada escenario de modo que se consiga el mayor dinamismo posible.

Como geometrías podemos basarnos en la elección de formas sencillas generadas mediante plano, esfera, cilindro y cono o figuras más complicadas, contemplando incluso superficies regladas alabeadas.

A partir de una misma geometría base, por ejemplo la esfera, es posible conseguir módulos de revestimiento significativamente dispares, variando la cantidad de volumen esférico visible. La posibilidad de incorporar varias piezas esféricas permite eliminar la simetría de la pieza y de esta forma poder adoptar diferentes colocaciones de las piezas. También nos ofrece oportunidad de variación contemplar la alternancia de curvatura. La forma convexa o cóncava de la esfera, en función de emplear la figura o su huella, nos permite obtener multitud de piezas diferentes que a su vez proporcionarán distintos efectos.

En un estudio para distintas ubicaciones, podemos hacer un barrido por la península contemplando varias latitudes y en cada una de ellas



incluir las orientaciones a los distintos puntos cardinales o incluso incorporar al estudio orientaciones intermedias (Siegfried, 2011).

Hay varios factores que pueden influir en el resultado final en lo que se refiere al efecto más o menos dinámico.

Entre estos factores podemos incluir la ubicación, es decir la latitud y orientación en la que se disponga la fachada a revestir; la elección de la superficie a adosar a las distintas piezas del revestimiento e incluso la disposición de las piezas...

En cuanto a la disposición de las piezas nos referimos al hecho de que todas ellas se coloquen del mismo modo o que se dispongan giradas unas respecto a otras siguiendo un orden más o menos complicado o incluso llegando a una disposición aleatoria. Esto afecta claramente a la forma de la sombra, especialmente porque una pieza puede arrojar sombra sobre la pieza contigua en ciertos momentos y no hacerlo en otros.

La curvatura de la figura es otro factor a tener en cuenta ya que no se comportan del mismo modo las figuras cóncavas que las convexas o las de doble curvatura, ante las distintas iluminaciones (Siegfried, 2012).

El dibujo de sombras puede percibirse como un tapiz bidimensional con una composición concreta y cambiante (Wong, 2011). Para la elección de la pieza de revestimiento que la genere y nos aporte un mayor dinamismo a partir de la variación de su sombra, sería necesario hacer un estudio pormenorizado de las distintas situaciones.

Este estudio se puede realizar siguiendo dos itinerarios. En el primero de ellos se puede trabajar a partir de distintas ubicaciones genéricas y distintas geometrías, para generar un catálogo de resultados y en el segundo itinerario, el estudio puede ir dedicado a un único escenario que se analiza individualmente para su situación y orientación exactas, observando los resultados de variar las geometrías y sus disposiciones.

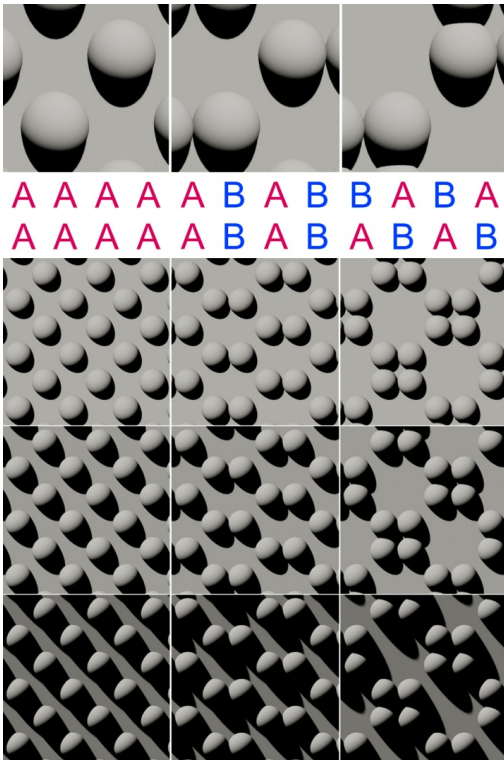


Fig 6.
Ejemplo de iluminaciones del mismo objeto con diferentes disposiciones.
Latitud 36°N, orientación Este,
9:00h, 10:00h, 11:00h.
2012. Valentina Siegfried

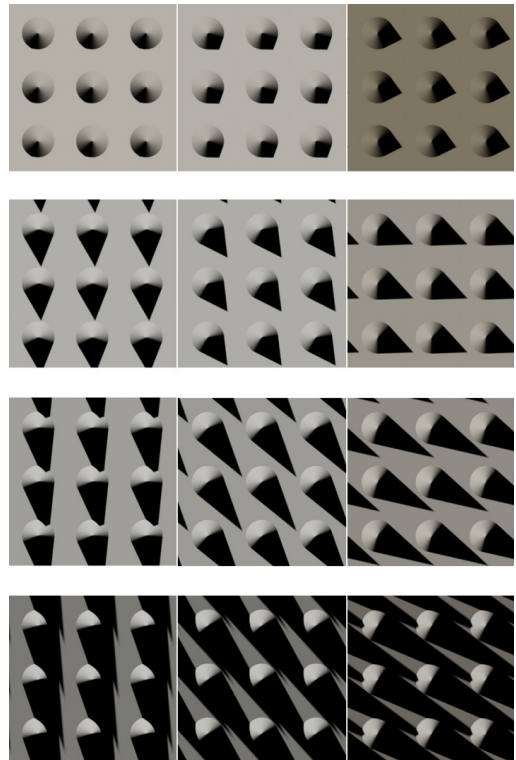


Fig 7.
Ejemplo de iluminaciones del mismo elemento y la misma disposición.
Latitud 36°N, orientación Este,
Distintos momentos del año.
2012. Valentina Siegfried

CONCLUSIONES

Un mismo objeto puede resultar estético en función del contexto en que se encuentre, refiriéndonos a contexto como espacio, tiempo, grupo que lo juzga, etc.

En este sentido resulta apropiado comentar el significado del término estético al que nos estamos refiriendo. Al hablar de revestimientos estéticos, debemos aclarar la diferencia entre los revestimientos funcionales y los que no lo son.

Entendemos por revestimientos funcionales aquellos que son necesarios para la conservación del material por su carácter de protección, los que aportan una o varias características al objeto que lo hacen más adecuado para su uso, en definitiva, que aportan una mejora al objeto que revisten.

Por otro lado, los que no aportan nada al objeto sino que ese aporte lo hacen al individuo que lo usa o lo percibe, es lo que llamamos revestimiento estético, es decir, el aporte ha de considerarse únicamente subjetivo y por lo tanto no es mensurable.

En este sentido, y como reflexión, los elementos cambiantes aportan un dinamismo al entorno que consideramos totalmente acorde con el modo de vida actual, al mismo tiempo que refuerzan el interés del observador por aportar el efecto sorpresa y la posibilidad de corroborar las expectativas iniciales.

Los revestimientos no funcionales por lo general han sido estáticos, sin incluir ningún tipo de variación temporal, y en este sentido desde aquí planteamos una innovación que podría abrir una puerta hacia una nueva forma de tratar este tipo de revestimiento y que por tanto podría dirigirse hacia nuevas líneas de investigación e incluso hacia la creación de nuevos mercados.

Componer un efecto dinámico a partir de una superficie geométrica estática, iluminada con luz natural, nos ofrece múltiples posibilidades de actuación.

En primer lugar, contamos con el efecto cambiante propio del dinamismo de la sombra que, como podemos suponer, varía en función de la localización de la superficie iluminada, de manera que la misma superficie ubicada en diferentes escenarios produce resultados distintos.

Por otra parte, en una misma localización y orientación, al generar un revestimiento a partir de la yuxtaposición de piezas base o módulos, el efecto conseguido será diferente, dependiendo de la colocación de las piezas. De esta forma obtendremos un resultado distinto con cada variación en la colocación de las piezas. Estas distintas colocaciones que podremos realizar siempre que los módulos no sean simétricos en todos sus ejes, pueden tratarse de disposiciones ordenadas (como se ha indicado en la primera de nuestras imágenes) que siguen un patrón, o aleatorias.

En tercer lugar, se puede llegar al extremo de emplear el juego de luces y sombras para componer el objeto arquitectónico, y no quedarse únicamente en su piel sino abordar la geometría del conjunto.

En nuestra opinión estamos desaprovechando la oportunidad que nos brinda la iluminación natural en el campo del diseño y la estética actual.

Referencias bibliográficas

ARNHEIM, Rudolf, 1974, *Arte y percepción visual*, Alianza Editorial, Madrid.

DOMÉNECH, Jorge, 1999, *Cartas Solares, Teoría de Sombras y Soleamiento*, Luis Llorens Editor, Alcoy.

SANZ, Juan Carlos, 1996, *El libro de la imagen*, Alianza, Madrid.

SIEGFRIED VILLAR, Valentina (y otros), noviembre 2011, *Sobre la posición del Sol en la bóveda celeste y la dirección de sus rayos*, AxA, *Una Revista de Arte y Arquitectura*, Volumen 2 año 2011, UAX, Marzo 2012, <<http://www.uax.es/publicaciones/axa.htm>>.

SIEGFRIED VILLAR, Valentina (y otros), 2012, *Creación de un modelo para la valoración del dinamismo de las sombras*, Interdeal Tecnologías Avanzadas, Madrid.

TANIZAKI, J, 2001, *El elogio de la sombra*, Siruela, Madrid

WONG, Wucius, 2011, *Fundamentos del diseño*, Gustavo Gili, España.



DE LA ARQUEOLOGÍA AL ORDEN CONGLOMERADO. NOTAS AL PROCESO GRÁFICO DE MIRALLES Y TAGLIABUE EN RELACIÓN A LA REHABILITACIÓN DEL AYUNTAMIENTO DE UTRECHT.

Isabel ZARAGOZA DE PEDRO
Jesús ESQUINAS DESSY

Universidad Politécnica de Catalunya
Departamento de Expresión Gráfica I
Universidad Politécnica de Catalunya
Departamento de Expresión Gráfica II

Resumen

When it is difficult to describe or understand an architectural work it produces such a special interest that the eye can't stop searching references of it... The interesting qualities of the work of Miralles Tagliabue EMBT for the rehabilitation of the City Council of Utrecht, make its generous production a disquieting object of research and analysis.

The development of the thinking process reflected in the sketches, models, drawings of construction details, photographs, collages, would have been developed without a preestablished hierarchy, resulting in a dense amount of material of varying nature and scale.

On the other hand, the process of production works, together with great discipline at work, far from responding to modes or systems of methodical description, will be at least as interesting as the final result. So according to this, his work is not a formal investigation, it is only content.

Texto comunicación

Cuando resulta complejo describir o comprender una obra de arquitectura, produce un interés especial que hace que el ojo no pare de buscar referencias... Las interesantes cualidades del trabajo de Miralles Tagliabue EMBT para la ampliación y rehabilitación del Ayuntamiento de Utrecht, hacen de su generosa producción, un objeto inquietante de investigación y análisis.

El desarrollo del proceso de pensamiento de los proyectos de EMBT, materializado en croquis, maquetas, dibujos de detalles constructivos, fotografías, collages, se habrían ido elaborando sin una jerarquía preestablecida, consiguiendo una densa cantidad de material de variada naturaleza y escala. En este sentido, Benedetta Tagliabue alude: "Es interesante expresar que no hay un método para que salgan los proyectos, seguramente salen intentando poner juntos los varios datos que tienes del lugar, del programa, de tu momento... siempre es bonito que salga de una manera diferente" **1**.

Respecto a los lenguajes visuales, Miralles revelaba: "Yo no opero con criterios visuales, sino constructivos y, por tanto, la repetición es muy importante, porque cada nuevo dibujo efectúa una operación de olvido, y las leyes que se van generando son de coherencia interna. Por eso la geometría es tan importante para mí como instrumento de articulación de situaciones muy concretas. Porque me permite olvidar, hacer las cosas menos reconocibles" **2**.

En lugar de presentar sus trabajos como la solución mejor y única, los arquitectos revelan que en todo caso son una de las muchas variantes que se traducen en planos, lejos de los diagramas con que otros equipos trabajan. "(...) siempre hemos presentado nuestros trabajos, no como la única y mejor solución, sino como una de las muchas variantes que, sin embargo, buscan una complejidad parecida a lo real... ... nosotros queríamos presentar nuestro trabajo bajo este aspecto: variaciones. Mil y un proyectos, así una narración continúa de un trabajo que va pasando de una situación a otra. Sin embargo quería hacer notar que estas variaciones ya son en sí un material de trabajo, son una base material siempre útil, real, medible, calibrada respecto a condiciones concretas. Esas variaciones se traducen en planos y no en diagramas. La voluntad de materialidad abstracta de los propios planos los aleja del valor diagramático...

...estos planos, o estas variaciones, son construcciones desde su inicio. Aquello que es un plano, es decir, que tiene como referencia la realidad constructiva que incluye noción de medida, el sentido de lo particular, etc., ya es arquitectura. Es una de las formas que tenemos de trabajar, para construir un pensamiento. Las dimensiones, el trazado, lo específico van construyendo esta base de trabajo" **2**.

Con la intención de hacer énfasis en el carácter de investigación en el proceso del proyecto, se incluyen ilustraciones – dibujos, fotografías e imágenes tanto de concepción, como material de presentación y exposición, así como maquetas.

Lejos de buscar los ejes fundamentales de producción, se pretende mostrar parte de esa "primera construcción de la arquitectura" a través de los medios gráficos y algunas impresiones sobre el ejercicio de su lectura. En este

sentido parece pertinente detenerse en algunos documentos con la intención de provocar al lector la curiosidad y el esfuerzo de interpretarlos.

La primera aproximación al proyecto del Ayuntamiento de Utrecht revela unas sensaciones que en un primer momento sólo se intuyen. Si se quisieran buscar referencias para comprender su trabajo, aunque no de manera directa, una posible lectura sería explicar el término de orden conglomerado que los Smithson propugnaron: "Utilizamos el término "orden conglomerado" para la sensación que experimentamos ante una estructura que se está ordenando", cuando no entendemos el lugar de un vistazo o no conocemos el edificio"(...) "experimentamos la sensación de una construcción ordenada incluso cuando no la comprendemos o nos hallamos "perdidos"..."con capacidad para absorber adiciones espontáneas, subtracciones y modificaciones técnicas, que no estorban su sentido del orden" **3**.

El encargo, fruto de un concurso ganado en 1997, consistía en la ampliación y rehabilitación de edificios contiguos existentes para organizar el complejo programa del Ayuntamiento de Utrecht. Con este objetivo los arquitectos proponen la demolición de uno de ellos, liberando espacio público para organizar la entrada principal en el lado norte, con la intención de redescubrir el valor neoclásico y mantener el carácter inicial de las casas preexistentes, y completando el programa con la construcción de una nueva ala. El edificio quiere ser un reflejo de la diversidad constructiva de la localidad holandesa. Según explican los autores, "con el fin de tener un edificio nuevo con materiales de calidad", durante las obras se reciclaron materiales como ladrillos, jambas y dinteles de piedra provenientes de la demolición del edificio antiguo. (Fig 1.)



Fig 1.

En el estudio Miralles Tagliabue EMBT se guardan una serie de fotocollages del entorno que se realizaron como uno de los primeros materiales para empezar a construir el pensamiento del proyecto. Se podría decir que como técnica de representación para fijar el pensamiento en un lugar. Así las vistas parciales, laterales... ordenadas y reunidas en un panel, como material de investigación, constituyendo un proceso paralelo a la búsqueda de una posible influencia en el proyecto.

En este proyecto se realizaron diferentes planos de emplazamiento dibujados a mano, a escalas 1/2500, 1/1000, 1/500... En el dibujo adjunto, haciendo énfasis en la nueva plaza propuesta, se describen los elementos singulares como el canal, la catedral, el campanario ... y se ponen en relación las fachadas vecinas con la intervención. A partir de un cambio de escala, se muestra simultáneamente con más detalle la fachada principal de la propuesta. Diferentes densidades de líneas de igual grosor, intensifican la facultad de descripción de su estilo gráfico subrayando la disposición de los materiales que se reutilizarán en la propuesta, provenientes de la demolición. El estilo de letra de rotulación particular y reconocible se va integrando en este caso al canal, a las travasías de la nueva plaza, a los edificios... (Fig 2.)



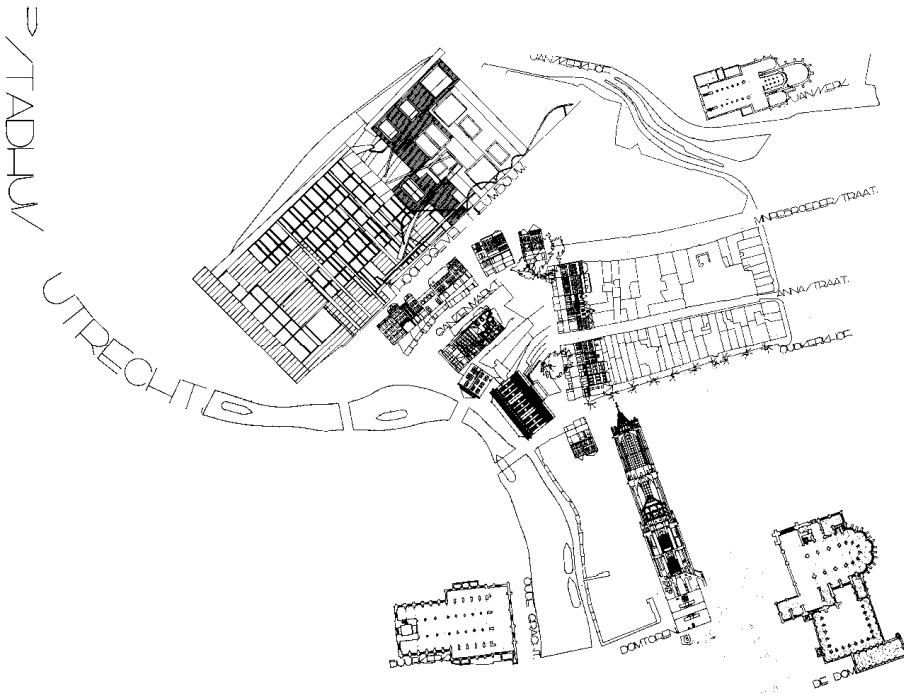
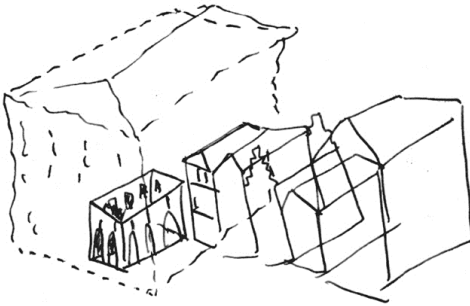
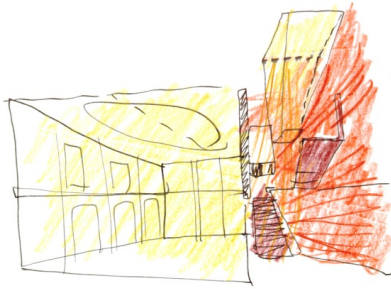


Fig 2.



Se distingue lo que corresponde, por una parte, al trabajo de producción de la significación. Miralles y Tagliabue, en una actitud contraria al intervencionismo, se muestran en la posición de entender primero el lugar para proponer algo que será la recuperación de la continuidad del entorno. Por ejemplo, con el boceto sintético de ideación de Enric Miralles se intenta expresar lo que no se ve, que tiene condición de posibilidad – edificio municipal como conglomerado de diversas casas de la ciudad- y más tarde se materializará con la representación. (Fig 3).

La propuesta contemplaba redescubrir el valor de las salas interiores del edificio neoclásico que se rehabilita subrayándolo con la introducción de gran cantidad de luz natural. En el esbozo de Enric Miralles se refleja el planteamiento de los diferentes mecanismos, como un gran paramento de chapa de madera traslúcida que tiñe cálidamente los espacios intermedios, la operación en la escalera, así como un conjunto de lucernarios de diferentes orientaciones y profundidades por la cubierta.(Fig 4).(Fig.5)



The old stair case
the historical wall
& the medical room.
light coming from the roof.

Fig 4.

STADIUM STREET
CHAA TON



Fig 5.

La presentación del proyecto en unos dibujos sintéticos realizados a mano con fuerte carácter pedagógico, definidos por líneas del idéntico grosor sobre el blanco del papel, donde las sombras y las texturas brillan por su ausencia (fig.2, 7). Se trata de documentos extremadamente dinámicos, rozando el ámbito de la abstracción, que sugiere al espectador a girarlo para descubrir los detalles que van apareciendo desde todos sus rincones. La facultad de descripción del estilo gráfico expresará las posibilidades expresivas de la proyecciones ortogonales, donde los arquitectos seleccionarán los elementos a mostrar, y, a modo de "zoom", cambiarán incluso la escala de algún fragmento. (Fig 2.) Cabe citar a Moneo "estaríamos dispuestos a afirmar que el dibujo es la primera construcción de la arquitectura. El arquitecto, cuando dibuja, está ya construyendo (dando a la palabra el más directo inmediato y cotidiano sentido) su arquitectura" **4**.

Por otra parte, el proceso de trabajo de producción, acompañado de una gran disciplina en el trabajo, lejos de responder a modos o sistemas de descripción metódicos, será tan interesante o más que el resultado final. Dibujos que contienen en ocasiones una serie de puntos ambiguos con los que se permite el espacio a la imaginación y a la curiosidad, y que quien observa, adquiere protagonismo y acaba completando con su interpretación del objeto representado.

En este sentido se acompaña uno de los dibujos de detalles del interior, que merece comentario. En primer



lugar se aísla parcialmente un fragmento de la planta, correspondiente a la entrada interior donde se describen los pavimentos de parquet con basalto, las carpinterías, los huecos, la definición exacta de muebles y enseres: puertas, armarios, asientos...En segundo lugar se desplazan diferentes elementos de estudio, detallándose en profundidad de manera independiente cada uno de ellos. La representación de los materiales en combinación con la rotulación situada en el lugar pertinente, se hace con extremo cuidado: por ejemplo el mostrador con el panel de información, los paneles de madera translúcidos con el recubrimiento de vidrio transparente, la mampostería existente, el estuco... Así en el dibujo hace adivinar ya el valor que tendrá en la definición del espacio una vez construido, donde el dibujo ya es testimonio de lo que será en la realidad el encuentro entre los materiales. El resultado es un dibujo altamente didáctico que se disfruta recorriéndolo por cualquiera de sus rincones y sorprendiendo aún más con la ayuda de una lupa de aumento. (Fig 6).

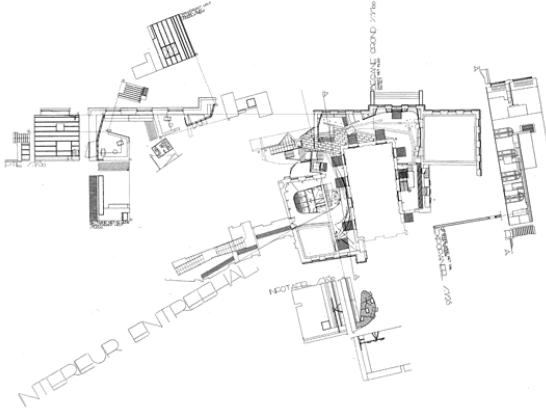


Fig 6.

Otro tipo de dibujos más técnicos, que se precisan para construir, son los del proyecto ejecutivo. Son planos que van dirigidos al personal especializado que dará forma material al proyecto, y que nos acercan al objeto arquitectónico final. Resulta una representación de planta más convencional, aunque dada la complejidad geométrica de la obra, son extremadamente detallados y acotados y va relacionados con multitud de secciones. Se dibujan los elementos, sobre los que se insiste en el dibujo, presentándolos con total evidencia. Todos los elementos se definen de manera particular, por lo que todas las capas de los paramentos seccionados se grafian con tipos de rayados y densidades diferentes, haciendo referencia a la distinta condición de los materiales, como por ejemplo obra vista, ladrillo, hormigón, etc. (Fig 7.)

570

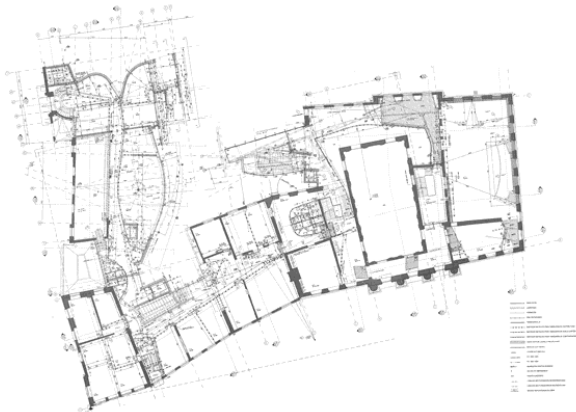


Fig 7.

La maqueta como herramienta de trabajo fundamental para el desarrollo de los proyectos, ya que permite experimentar la cuarta dimensión del proyecto de arquitectura, además de permitir la posibilidad de moverse a su alrededor y observarlo desde diferentes puntos. Es un instrumento de diálogo entre los miembros del equipo Miralles Tagliabue EMBT, ya que se va realizando en paralelo al proceso de proyecto. Para la rehabilitación y ampliación del Ayuntamiento de Utrecht se han producido gran número de impecables maquetas, desde la de

situación con el entorno urbano, al estudio de las propuestas de la ampliación en las diversas versiones a escalas diferentes. A través de la realización de maquetas de detalle parciales a 1/50 se ha profundizado acuradamente todos los temas que ha precisado la actuación, como la complejidad de las entradas de luz, la relación y diferenciación entre lo nuevo y lo existente, varias versiones de volumetría de las escaleras, diferentes elementos de mobiliario, incluso algún detalle a tamaño real. (Fig 8.)

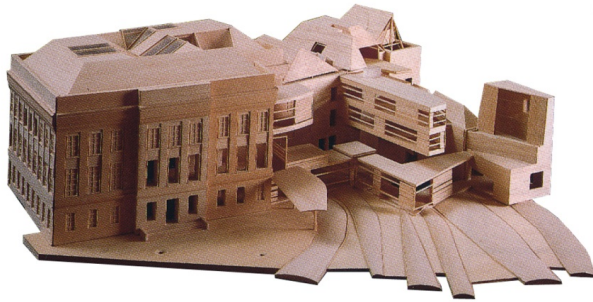


Fig 8.

La producción de Miralles Tagliabue EMBT revela una forma de trabajo que ha recibido el calificativo de documental . En este sentido, tal como indicaba Rafael Moneo "...Cabría decir que, en cierto modo, geometría, estructura y construcción coinciden, se confunden en una sola realidad: aquella que atrapa al arquitecto y que permitiría introducir el bien conocido en la crítica de arte concepto de iconografía. "5.

En cuanto a la percepción, a través de diferentes mecanismos, consigue que el receptor se detenga en determinados aspectos (desde la fragmentación de la imagen en los fotomontajes del lugar, los recortes "cut out" a manera de collage, la combinación de los espacios blancos con los textos en sus escritos (Fig. 3), límites de los dibujos que nunca están obligados por el formato del papel...)... Esta fragmentación focaliza el punto de vista del receptor (sujeto y/o objeto), y consigue apropiarse de un tiempo para la reflexión.

Al observar la obra gráfica de Miralles Tagliabue EMBT para el Ayuntamiento de Utrecht, el espectador percibe que prima más el proceso y el análisis, y que lejos de ponerse unas normas de juego, como por ejemplo de las de "conglomerado" o "descomposición", que conllevarían a una visión parcial de la obra, posiblemente a partir de un elaborado proceso de lectura atenta del lugar, del contexto histórico y social; combinando fragmentación , sustracción y adición; el resultado final del proyecto produce una sensación de orden inquietante consiguiendo una singular integración en el entorno.

En este sentido su obra no se trata de una investigación formal, sino de contenidos. Por ejemplo, la elevada calidad que adquiere la nueva construcción con la superposición de elementos reciclados – dinteles de piedra, ladrillos, jambas...- está muy por debajo de la idea de recuperar fragmentos del derribo de algunas partes del edificio antiguo con el objeto de reflejar la diversidad constructiva de la ciudad de Utrecht.

Citas

- 1/ Tagliabue. B. "Conversando con...Benedetta Tagliabue". EGA nº 17. Valencia 2011. P.2
- 2/. Miralles, E. " Apuntes de una conversación informal con Enric Miralles".(entrevistado por E. Tuñón y L. Moreno Mansilla) *EL CROQUIS 100-101"*. Miralles/ Tagliabue. Madrid, 2000. P.21
- 3/. Van Der Heuvel, Dirk Risselada, M. "El tema del ordenamiento del conglomerado puede verse como un término que todo lo abarca para un modo de trabajar, que los Smithsonian adoptaron finalmente y hacia el cual su trabajo fue progresando a lo largo de los años". "Alison y Peter Smithson. *De la Casa del Futuro a la casa de hoy"*. Barcelona: Col.legi d'Arquitectes de Catalunya. Barcelona 2008. p.88
- 4/ Moneo, R. Cortés, J.A. "Comentarios sobre dibujos de 20 arquitectos actuales". Barcelona: ETSAB. 1976
- 5/ Moneo, R.."*Enric Miralles. Una vida intensa, una obra plena"*. *EL CROQUIS 100-101"*. Miralles/ Tagliabue. Madrid, 2000.P.308

Pies de imagen

- Fig 1. Ayuntamiento de Utrecht. Fotocollage desde la nueva plaza. 2001. Imagen cedida por Miralles Tagliabue EMBT
- Fig 2. Plano de situación con detalles de la nueva plaza al norte. Dibujo a mano. Tinta sobre papel vegetal. 1999. Imagen cedida por Miralles Tagliabue EMBT
- Fig 3. Dibujo de Enric Miralles para el concurso. Tinta sobre papel.1997. Imagen cedida por Miralles Tagliabue EMBT
- Fig 4. Sección longitudinal. Dibujo a mano. Tinta sobre papel vegetal. 1999. Imagen cedida por Miralles Tagliabue EMBT
- Fig 5. Boceto de Enric Miralles para el concurso. Lápices de colores sobre papel. Traducción:



"la escalera antigua
El muro histórico
Para la sala medieval.
Luz bajando del techo."

1997. Imagen cedida por Miralles Tagliabue EMBT

Fig 6. Detalles del interior de planta baja y planta primera. Dibujo a mano. Tinta sobre papel vegetal. 1999. Imagen cedida por Miralles Tagliabue EMBT

Fig 7. Planta primera . Proyecto de ejecución. Dibujo de ordenador. 1999. El Croquis100-101

Fig 8. Ayuntamiento de Utrecht. Una de las propuestas previas. Maqueta en madera de balsa. 1998. El Croquis100-101

Referencias bibliográficas

BERGER, John. "Modos de ver". Barcelona: Gustavo Gili, 1974.

BLUNDELL-JONES, Peter. *Enric Miralles, 1972-2000. Rehabilitación del Ayuntamiento de Utrecht, 1997-2000*. Edición de ROVIRA, Josep M. Barcelona, 2011.

CORTÉS BUENO, Gustavo; BIGAS LUNA STUDIO; TAGLIABUE, Benedetta y ROVIRA, Josep M. 2010. *Enric Miralles. Aprendizajes del arquitecto*. Vídeo y libreto. FUNDACION CAJA DE ARQUITECTOS. Barcelona.

CUITO, Aurora. "EMBT Arquitectes". Barcelona, 2003

"EL CROQUIS 100-101". "Miralles/ Tagliabue". Madrid, 2000.

MIRALLES, Enric. *Ciclo "Afers internacionals" 1r trimestre: Enric Miralles: últimas obras y proyectos*. Annals d'arquitectura, 1998, núm. 3. ETSAB. Barcelona.

Resumen de la conferencia de Enric Miralles celebrada en la ETSAB el 6 de octubre de 1998.

MONEO, Rafael. CORTÉS, J.A. "Comentarios sobre dibujos de 20 arquitectos actuales". Barcelona: ETSAB. 1976

HEUVEL, Van Der, RISSELADA, Dirk, M. 2008. *Alison y Peter Smithson. De la Casa del Futuro a la casa de hoy*, 88-89. COAC. Barcelona.

TAGLIABUE, Benedetta. "EMBT Enric Miralles. Benedetta Tagliabue. Work in progress" .(catálogo de la exposición).Barcelona. Edita COAC, 2004

LÍNEA **2**

NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA REPRESENTACIÓN Y GESTIÓN GRÁFICA DE LA EDIFICACIÓN



NUEVAS TECNOLOGÍAS Y MÉTODOS TRADICIONALES EN EL LEVANTAMIENTO DE PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO.

José Lázaro AMARO MELLADO
María AGUILAR ALEJANDRE
José Antonio BARRERA VERA

Universidad de Sevilla
Departamento de Ingeniería Gráfica

Resumen

El propósito de esta comunicación es demostrar, tomando como hilo argumental trabajos realizados como prácticas de alumnos, cómo empleando herramientas de bajo coste y aplicando adecuadamente las nuevas tecnologías, pueden efectuarse levantamientos de edificios patrimoniales gracias a una combinación de métodos tradicionales y nuevas tecnologías. Estos trabajos están encaminados a generar documentos gráficos (la mayoría de las veces tridimensionales) que sirvan como inventario del patrimonio, pero también como punto de partida para realizar intervenciones sobre el mismo. La documentación generada abarca desde dibujos de líneas hasta modelados 3D con texturas, consiguiéndose dichos resultados con escaso coste tanto económico como humano. Los elementos que conforman el patrimonio están sujetos a cambios con lo que resulta muy útil tenerlos documentados en una fecha determinada. Así, se puede establecer su evolución en el tiempo ya que los edificios están sometidos a un riesgo de deterioro, destrucción, o simplemente estudiarlos desde la observación.

Abstract

The aim of this paper is to demonstrate, basing our argument on several heritage documentation works elaborated as students work placements, how with low cost tools and applying new technologies properly, heritage building surveys can be done using a mixture of traditional and newer methods. These studies are designed to generate graphic documents (most of them in 3D) that can be useful as heritage inventory, but also as a starting point to carry out performances in it. Generated documentation may cover from line drawing to 3D textured models, achieving these results with a low economic and human cost. Elements which make up heritage, particularly architectonic elements, are always changing therefore it is very worthwhile to document on a specific date. Thus, evolution over time can be supervised because buildings are exposed to deterioration risks, destruction, or simply to study them from watching them.

INTRODUCCIÓN

Actualmente las nuevas tecnologías se extienden dentro de todos los ámbitos de la sociedad. En el caso del campo del patrimonio cultural están cobrando un auge cada vez mayor debido a la existencia de herramientas tecnológicas, tanto informáticas como "instrumentales", que facilitan los distintos trabajos de documentación e investigación patrimonial. Dichos dispositivos, que en un principio presentaban ciertas dificultades en su manejo y un elevado coste económico, han evolucionado hasta tal punto que aparecen hoy día como herramientas sencillas y de bajo coste. Este hecho ha procurado una democratización en el uso de las nuevas tecnologías aplicadas a la documentación del patrimonio por parte de los distintos técnicos.

OBJETIVOS

El propósito de esta comunicación es demostrar cómo con tan sólo una cámara digital, una cinta métrica, un portátil, el software adecuado y los conocimientos de geometría precisos, pueden llevarse a cabo levantamientos de edificios patrimoniales de gran complejidad gracias a una combinación de métodos tradicionales y novedosos. La documentación generada puede abarcar desde dibujos de líneas hasta modelados 3D con texturas, consiguiéndose dichos resultados con escaso coste tanto económico como humano.

Para demostrar este hecho tomaremos como hilo argumental varios de los trabajos de documentación patrimonial llevados a cabo por el Departamento de Ingeniería Gráfica de la Universidad de Sevilla como prácticas de los alumnos de la asignatura optativa de cuarto curso "Nuevas Tecnologías en Levantamientos Arquitectónicos"- "New Technologies en Architectural Surveys" (actualmente también se imparte en lengua inglesa). En dichos trabajos se han utilizado tanto los métodos gráficos convencionales -rectificación de fachadas a través de doble homología (Maestre, 2000) o el método ideado por Barrera (2006)-, hasta las más modernas aplicaciones tecnológicas como el escáner láser que genera nubes de millones de puntos así como los programas que las gestionan. Estos trabajos están encaminados a generar documentos gráficos (la mayoría de las veces



tridimensionales) que sirvan como inventario del patrimonio, pero también como punto de partida para realizar intervenciones sobre el mismo. Los elementos que conforman el patrimonio, en particular el arquitectónico, están sujetos a cambios con lo que resulta muy útil tenerlos documentados en una fecha determinada. Así se puede determinar su evolución en el tiempo ya que los edificios están sometidos a un riesgo de deterioro y destrucción, debida tanto a fenómenos naturales como a actuaciones humanas, o simplemente se posibilita el estudiarlos desde un papel, una pantalla de ordenador o una maqueta.

FOTOGRAMETRÍA BÁSICA Y LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO

La fotogrametría trata de obtener información métrica y visual de objetos a partir del registro, medida y análisis de tomas fotográficas. Tradicionalmente ha estado básicamente orientada a la confección de mapas topográficos a partir de fotogramas aéreos, empleando instrumental muy específico y costoso como cámaras métricas, restituidores, estaciones fotogramétricas y personal de alta cualificación, sin embargo, hoy día dicho equipamiento es cada vez más asequible pudiéndose así utilizar en otros campos de forma asidua como es el caso de la fotogrametría de objeto cercano (*close-range photogrammetry*), comúnmente empleada para el levantamiento de patrimonio arquitectónico.

El objetivo de la fotogrametría es reconstruir la posición y orientación de la/s cámara/s en el momento de la toma, para definir el haz proyectivo en el espacio (*orientación interna*: distancia focal, punto principal y función de distorsión; y *orientación externa*: posición y orientación, tres ángulos), y consecuentemente, calcular la posición del conjunto de puntos que conforman nuestro levantamiento. Las condiciones geométricas de las tomas son muy estrictas, especialmente en fotogrametría estereoscópica, en cuanto a ángulos de inclinación, solapamiento, estereoscopia y calibración de las cámaras, entre otras limitaciones por lo que, si se requiere una alta precisión en el levantamiento, conviene ser muy riguroso en esta primera etapa.

En el proceso de restitución la fidelidad métrica va a verse distorsionada por dos factores fundamentales: la deformación perspectiva y la aberración de las lentes. La primera de ellas deriva de la transformación homográfica realizada para pasar de una perspectiva cónica a una proyección, mientras la segunda se debe a la mera aberración que introducen las lentes a la propia toma fotográfica distinguiéndose principalmente dos tipos de distorsión, la radial y la tangencial cuyo efecto en la imagen será el conocido como barril-cojín. Esta aberración no puede ser eliminada, pero sí conocida a través de la calibración de la cámara –diferente para cada conjunto de parámetros de la cámara–. Con ella se obtiene la función de distorsión, que establece la relación entre los ángulos de entrada y salida del objetivo, que idealmente deberían ser idénticos. El efecto barril es más que evidente en la parte superior de la figura 1 realizada a un patrón de calibración.

576

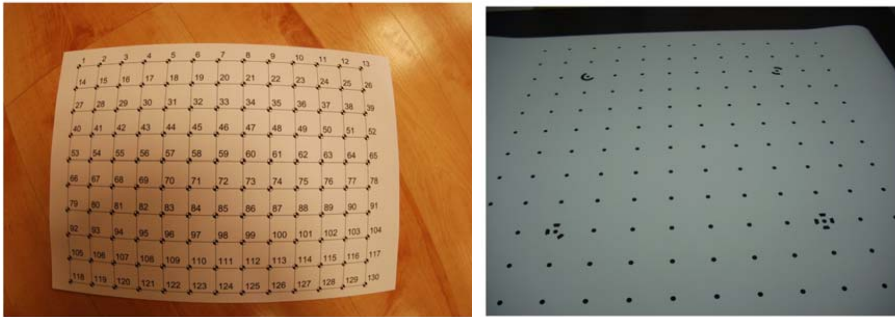


Figura 1. Patrones de calibración fotografiados. El de arriba es el propio del programa Asrix y el de abajo del programa Photomodeler. Alumnos de la asignatura Nuevas Tecnologías en Levantamientos Arquitectónicos

Según el proceso utilizado a la hora de tomar las fotografías del modelo y su posterior procedimiento de restitución, vamos a distinguir entre dos tipos de fotogrametría principales: la *monoscópica convergente*, en la cual las fotografías se han tomado desde puntos de vista independientes, y la *estereoscópica*, la cual permite la obtención de un modelo idéntico al original a través de pares de fotografías tomados bajo determinadas condiciones. Es el momento ahora de aclarar que en lo que a levantamientos de arquitectura se refiere, se utilizará la primera de las opciones cuando el objeto arquitectónico presente una geometría sencilla y pura, y la segunda como método más eficaz para volúmenes y formas complejas (Buill, 2007).

Fotogrametría monoscópica

Para entender cómo funciona la fotogrametría monoscópica aplicada al levantamiento de edificios, se expondrán varios métodos a lo largo de esta comunicación que irán creciendo en nivel de complejidad. Como comienzo, se tomará el caso de cómo levantar una fachada plana utilizando una fotografía, un par de medidas y una serie de transformaciones geométricas. Este método, que podría calificarse con el adjetivo de manual, servirá también como contraste en relación a aquellos otros más avanzados que se verán más adelante.

Como punto de partida, consideraremos pues, una técnica monoscópica específicamente geométrica, basada en la aplicación de los principios de la perspectiva cónica a fotografías oblicuas obtenidas con cámaras convencionales. Se trata de un método gráfico a partir del cual se obtiene información métrica de uno de los planos que aparezcan en la fotografía, mediante la transformación de la perspectiva cónica en una proyección ortogonal. Al tratarse de un método monoscópico, para resolver el haz proyectivo y determinar la geometría tridimensional del objeto a partir de su representación plana, se requiere que éste presente una geometría robusta (*strong geometry*) consistente en la presencia de aristas paralelas y un plano bien definido. Estas condiciones comúnmente se dan en gran parte de los edificios y arquitecturas que pueblan nuestro entorno.

Se trata de rectificar un plano cualquiera representado en la fotografía, en otras palabras, situar el plano objeto paralelo al plano del cuadro, para lo cual existen multitud de métodos, pero se han elegido como muestra el método de la doble homología (Maestre, 2000), consistente en pasar de un trapecoide a un rectángulo a través de un trapecio auxiliar. Para ello, como datos de partida se deben tener dos medidas -una horizontal y otra vertical- sobre el plano que se quiera rectificar y la propia fotografía. Cuanto mayores sean las distancias de referencia, menor será el error relativo obtenido. En el caso de optar por este método, la aplicación de programas de CAD es especialmente útil, ya que se pueden considerar escalas diferentes según las X y las Y, lo que hace la rectificación sea viable aunque no se conozcan esas distancias de referencia al realizar los pasos trapecoide-trapecio-rectángulo. En este caso, luego habría que escalar el resultado con factores diferentes para la X y para la Y.

Una característica de la perspectiva cónica y por tanto de la fotografía es que las líneas que son paralelas en la realidad convergen en un mismo punto en la representación. Los puntos de la perspectiva donde confluyen las líneas paralelas se denominan puntos de fuga (*vanishing points*).

Estos métodos, puramente gráficos, se ven fuertemente beneficiados por la utilización de programas de Diseño Asistido por Ordenador, CAD (*computer-aided design*) dado que el trazado y prolongación de las rectas, la determinación de las intersecciones y el trazado de paralelas y perpendiculares, etc. se hacen de una forma analítica, con unos errores despreciables, aparte de las ventajas de propias de visualización, edición, etc. Además, estos programas, aunque estén diseñados para el trazado vectorial, suelen tener aplicaciones que permiten visualizar imágenes, sobre las que "calcar" los elementos fundamentales de lo fotografiado.

Esta rectificación, hecha de forma "manual", se puede realizar también de manera automática, gracias a aplicaciones como Homograf, una herramienta diseñada para AutoCAD (Maestre, 2000) con la que definiendo cuatro de puntos de un plano en la fotografía y sus homólogos según el plano rectificado (normalmente un rectángulo) calcula la transformación proyectiva de 8 parámetros que los vincula. Así, todo lo que se "calque" sobre la fotografía será representado en verdadera magnitud en el rectángulo contenedor. Lo apuntado anteriormente sobre el empleo de escalas X e Y diferentes es válido también para esta metodología.

Una vez que la imagen ha sido rectificada, lo que se dibuje sobre la misma, en el plano de referencia, estará en verdadera magnitud, con lo que, por ejemplo, dibujar un alzado con precisión es viable sin problemas geométricos.



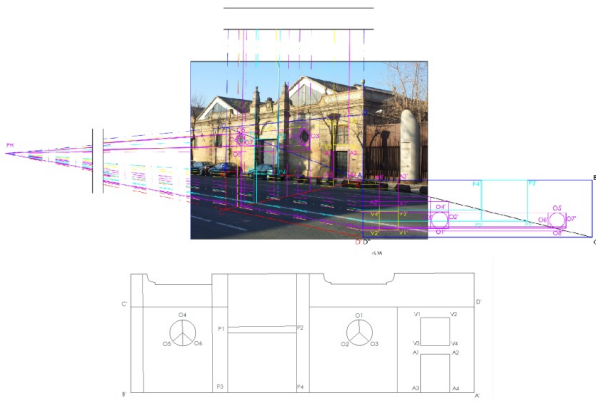


Fig 2. Arriba. Restitución de elementos de fachada contenidos en un mismo plano por el método de doble homología. Abajo. Restitución de los mismos elementos mediante Homograf. Nave en Avda. de la Raza (Sevilla) realizada con motivo de la Exposición Universal de 1929. Trabajo del alumno Emilio López Algaba (2012).

Con estos dos métodos hemos conseguido corregir el efecto de la deformación perspectiva, pero no hemos podido corregir la imagen de los problemas generados por la/s lente/s, que en los casos de buscar cierta precisión es indispensable abordarlos. Esto se conseguiría con la calibración de la lente para lo que se emplea un patrón de calibración, habitualmente una cuadrícula cuyos puntos tienen coordenadas conocidas, y gracias a los cuales puede calcularse la deformación.

También en ambos métodos hemos trabajado dibujando líneas teniendo como fondo la imagen y haciendo transformación con aquéllas. Otro de los métodos de trabajo de la fotogrametría monoscópica consiste en rectificar directamente la imagen, y no las líneas "calçadas" sobre ella, con programas como Asrix –que además permite calcular y considerar la distorsión radial a través de un patrón de calibración, como los mostrados en la figura 1–, el cual puede descargarse en versión demo durante 50 días. El fundamento es el mismo que el citado anteriormente, se pasa de un plano original a otro según una proyección ortogonal, solo que requiere que la transformación calculada sea aplicada a cada píxel de la imagen, en lugar de los puntos que definen las líneas. Así, se identifican puntos en la imagen cuyas coordenadas en el terreno sean conocidas (una opción es considerar una medida horizontal y otra vertical, como en los casos anteriores), obteniéndose la transformación que se aplica a la imagen. El número mínimo de puntos a identificar es cuatro, pero se pueden medir más y así tener un parámetro del error obtenido en la transformación.

578



Fig 3. Izquierda. Fotografía de Zollverein Design School realizado por SANAA en Essen (Alemania). Derecha. Imagen rectificada del mismo. Elaboración propia..

En este punto se debe diferenciar una fotografía rectificada de una ortofotografía: en la primera se transforma un plano de la fotografía, varios si se hacen a distintas profundidades, pero uno cada vez, en un plano según una proyección ortogonal, pero la imagen correspondiente a los puntos fuera de ese plano de la fotografía no estarán en su posición correcta en el fotografía rectificada ya la que la transformación no está hecha punto a punto, sino globalmente. Sin embargo, en la ortofotografía, la rectificación es diferencial, punto a punto, para lo cual es necesaria la información sobre la profundidad de cada punto sobre el plano de referencia y la aplicación de la condición de *colinealidad* (el punto en el terreno-fachada, el punto en la fotografía y el punto de pista están alineados). La ortofotografía es válida métricamente al igual que un plano-mapa. Ambas son imágenes no interpretadas, lo que puede ser una ventaja o un inconveniente dependiendo de las circunstancias. En el caso de los levantamientos arquitectónicos, la ortografía y la fotografía rectificada son de gran utilidad para la representación de alzados de edificios a escala y con texturas.

Hasta aquí han sido comentadas soluciones referentes a planos individuales, pero no a objetos tratados en su conjunto. En cualquier caso, son métodos en los que solo se emplea una única fotografía, con lo que la complejidad de los elementos a levantar no puede ser muy elevada. Otro paso más es trabajar con varias fotografías diseñando un marco, rectificar fachada a fachada y componerlas "manualmente" –para lo cual hay que conocer que forman las fachadas entre sí– y generar un "sólido" –que en realidad está hueco–.

Un salto conceptual es la generación de productos tridimensionales, para lo cual los puntos definitorios del objeto deben ser captados al menos en dos fotografías, para así poder obtener su posición tridimensional, basándonos en conceptos como el *paralaje* o la condición de *colinealidad*. En estos métodos todos los cálculos son analíticos y siempre habrá que considerar el error estimado.

La fotogrametría convergente permite determinar con gran precisión las coordenadas de puntos individuales gracias al cálculo de la intersección de rayos homólogos, es decir, los que se dirigen desde cada fotografía al mismo punto en el terreno-fachada. Hay que identificar los puntos uno a uno. El principio fundamental es el de *colinealidad*, que aplicado a distintas fotografías desemboca en el ajuste de haces de rayos, a través del cual se resuelve la posición de cada punto mediante sistemas de ecuaciones. El resultado será la determinación de las coordenadas de múltiples puntos (definitorios de las superficies-planos de interés). Cobra su mayor potencialidad cuando los elementos de interés son parametrizables, bien mediante líneas-planos, bien mediante superficies matemáticas que sigan un patrón a priori.

El procedimiento habitual cuando se emplea fotogrametría monoscópica convergente multifoto para obtener el modelo de un objeto arquitectónico consiste en, una vez realizadas las tomas fotográficas e introducidas éstas en el software específico, calcular la posición de las cámaras a través de la identificación de puntos comunes y posteriormente obtener las coordenadas de todos los puntos de interés. Cuando este proceso ha sido llevado a cabo, el siguiente paso no es otro que definir la geometría parametrizable del modelo a través de curvas, superficies y volúmenes. Culminadas estas dos etapas esenciales, dispondremos de un modelo previo al que podremos dar salida en diferentes formatos, tanto 3D, como 2D con y sin texturas.



Fig 4. Modelo 3D con texturas del edificio de Caja España (Sevilla).
Realizado por los alumnos de la asignatura Nuevas Tecnologías en Levantamientos Arquitectónicos.



Uno de los problemas con los que nos encontramos en fotogrametría es el referente a las *oclusiones*, pero esta limitación es inherente a la toma fotográfica. Debido a la superposición de volúmenes y superficies, hay puntos que por no aparecer en al menos dos fotografías, no puede ser calculada su posición. Este concepto es muy importante tenerlo en cuenta a la hora de la realización del trabajo de campo.

Tradicionalmente, las fotos se toman con solape porque solo se puede obtener información métrica tridimensional (sin información adicional, por ejemplo pertenencia a un plano) si el punto a medir es identificable en al menos dos fotogramas.

En el planteamiento docente llevado a cabo en la asignatura de Nuevas Tecnologías en Levantamientos Arquitectónicos impartida en la Escuela Técnica de Ingeniería de Edificación, el proceso de aprendizaje en el que se sumerge el alumno de cuarto curso, ya conocedor de cómo realizar levantamientos por métodos tradicionales no basados en la fotogrametría, es exactamente el mismo explicado hasta ahora. En primer lugar, el alumno aprende a restituir planos de fachada mediante el procedimiento de la doble homología y mediante el uso de la aplicación Homograf, en segundo lugar, entrena la competencia de rectificar imágenes de fachadas planas, y en tercer lugar, se enfrenta a la construcción 3D con texturas de un objeto arquitectónico existente mediante el uso de la fotogrametría monoscópica convergente. Esta última etapa, de mayor complejidad, se aborda poco a poco, comenzando por objetos de geometría muy sencilla hasta llegar a geometrías más complejas. La figura 4 es un ejemplo de ello. Posteriormente, se realiza al alumnado una introducción a la fotogrametría estereoscópica.

Fotogrametría estereoscópica

La fotogrametría estereoscópica, tradicionalmente empleada para formar mapas topográficos, tiene como principio fundamental de paralaje, cuyas condiciones geométricas son muy estrictas. Este método es especialmente útil para el levantamiento de superficies continuas y en él se determinan las coordenadas de una infinidad de puntos, a priori no seleccionados por el operador, que las definen. El resultado será una nube de puntos o un modelo digital del terreno –MDT– (elevaciones, superficies, profundidades), que tendrá la densidad que se desee, aunque lo correcto es que sea acorde a la calidad de los datos de partida. Esta nube de puntos-MDT nos permite obtener, junto con la orientación interna y externa de las fotografías y un plano de comparación, generar la ortofotografía correspondiente

Como ya se ha anunciado más arriba, la toma fotográfica de este tipo de fotogrametría se basa en los pares fotográficos, parejas de fotografías tomadas de dos puntos de vista ligeramente distintos los cuales han de cumplir unas características específicas relacionadas con la distancia de separación entre ambas posiciones de cámara –base–, la distancia entre la cámara y el objeto y el solape entre las tomas. En la fotogrametría estereoscópica la profundidad se hace efectiva en nuestro cerebro al ver el mismo objeto desde dos puntos de vista ligeramente distintos, como es el caso de la visión humana.

También para la generación de modelos utilizando este método existe en el mercado software de relativo bajo coste como es el caso de Photomodeler. El post-proceso, una vez tomados los pares e introducidos en el programa es diferente al protocolo comentado en el apartado de fotogrametría monoscópica multifoto, ya que, aunque se deban identificar puntos comunes para el cálculo, no debe ser impuesta una geometría parametrizable al modelo que será obtenido como nube de puntos. Por ello, como anunciábamos anteriormente, este método es de mayor utilidad en levantamientos de superficies de geometría compleja.

El escáner láser.

Otra forma de realizar levantamientos arquitectónicos de forma más directa pero también mucho más costosa a nivel económico es mediante el empleo de un escáner láser que desde una o varias posiciones vaya registrando grandes cantidades de puntos, con su posición e información de color correspondiente, que posteriormente manipularemos según nuestras necesidades.

Así llegamos a generar el producto más completo, un modelo tridimensional con texturas (RGB); nube de puntos con coordenadas XYZ de cada punto y con el valor de RGB de cada punto medido con el escáner láser, por lo que no requiere interpolación (ver figura 5); lo mismo que obteníamos en el caso de la fotogrametría estereoscópica, salvo que no hay un RGB cada punto sino una porción de la imagen más idónea para cada triángulo de la nube de puntos considerada que sí requiere interpolación.

Una vez que obtenemos esa nube de puntos con texturas se pueden generar multitud de productos derivados, como plantas, alzados, perfiles, secciones, vídeos, el modelo 3D texturizado en sí mismo, etc. La tendencia

actual, sobre todo en "fotogrametría de objeto cercano", es generar un sólido con texturas y trabajar bajo demanda (alzados, plantas, perfiles, secciones, etc.). Se puede apreciar una muestra de los mismos en la figura 5.

En el ámbito docente, el manejo del escáner láser se realiza a modo de demostración, dado el alto coste del instrumento, dejando a los alumnos la tarea de gestionar los datos obtenidos en el escaneado.



Fig 5. Nube de puntos capturada por el escáner láser con información RGB de cada punto. Reales Alcázares (Sevilla). Elaboración propia

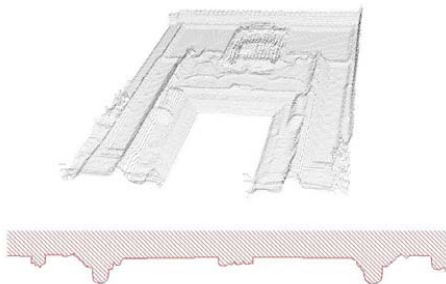
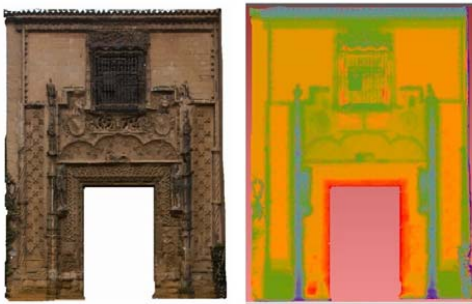


Fig 6. Arriba izquierda. Ortofotografía. Arriba derecha. Mapa de profundidades. Abajo. Perfil generado a partir de una nube de puntos. Reales Alcázares (Sevilla). Elaboración propia



CONCLUSIONES

En esta comunicación hemos presentado algunos ejemplos de cómo gracias a la democratización de la fotogrametría, fruto del mundo digital en el que vivimos y de la aparición de cada vez aplicaciones de bajo coste, el abordar levantamientos de edificios patrimoniales es una labor viable con unos medios muy asequibles -cámara digital convencional, cinta métrica, un ordenador portátil, etc.- y esto debe ser mostrado a los alumnos ya que es una posible salida profesional. El enfoque eminentemente práctico de una asignatura ya cercana a la finalización de los estudios consideramos que invita al alumnado a seguir profundizando en este campo del levantamiento de edificios. No se trata de que conviertan en especialistas, sino de que conozcan las herramientas que les pueden permitir afrontar nuevos proyectos, ya que el procedimiento es relativamente sencillo. Por las razones expuestas, además invitamos a los profesionales de los levantamientos a que se introduzcan en estas metodologías ya que a corto plazo comprobarán que los resultados son muy buenos en la mayor parte de los situaciones y además, en cualquier caso éstos pueden combinarse con los métodos tradicionales.

Referencias bibliográficas

- Barrera, J.A. 2006. *Aplicación de tecnologías innovadoras en la documentación geométrica del Patrimonio Arquitectónico y Arqueológico*. Universidad de Sevilla.
- Buill, F. et al 2007. *Fotogrametría terrestre* en "Fotogrametría arquitectónica". Ediciones UPC. pp 24-25
- Maestre, R. 2000. *Levantamiento de planos de fachadas a partir de una fotografía: perspectivas*. Homograf 1, aplicación infográfica para Autocad 14. Universidad de Alicante.
- Grussenmeyer, P. Hanke, K. Strelein, A. 2002. *Architectural Photogrammetry* in "Digital Photogrammetry". Taylor and Francis, pp. 300-339.
- García, S., Amaro, J.L., Cardenal, J. 2008. *Análisis dimensional mediante perspectiva bajo entorno CAD: estudio de precisiones*. INGEGRAF 2008. Valencia.

LA HERRAMIENTA DIGITAL APLICADA A LA REPRESENTACIÓN DE LA CIUDAD FLOTANTE

Prof. Dr. Pedro ANTÓNIO JANEIRO
Arq.to Prof. Mauro SANTORO CAMEPLLO
Arq.ta Luciana TEPERINO DE ARAÚJO

Faculdade de Arquitetura – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal / Curso de Arquitetura e Urbanismo -
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Minas Gerais, Brasil.

ABSTRACT

The means of graphical representation and expression in the architecture have experienced a revolution from the early 1980s of the XX century as a result of the of new graphic technologies that became feasible volumetric possibilities that hitherto could not become reality. The article is based on the study on the possibility of enable, both theoretically and technically, the construction of a floating city, dealing with the parametric urbanism and its graphic representation. Thus, we determined the formal, functional, environmental and spatial parameters to be inserted and changed and expanded to the buildings in the city according to the conception and the requirements imposed, featuring a description of relations and defining interdependencies of the final forms of architecture and urbanism.

INTRODUCCIÓN

Podemos decir que la representación gráfica es una ciencia que siempre acompañó el desarrollo humano, evolucionando con él y consolidándose como importante medio de expresión y transmisión de ideas. Desde el período Prehistórico el hombre tenía la necesidad de imprimir lo que veía y sentía a través de los diseños y a partir del momento que tuvo consciencia plástica de sus construcciones, el diseño pasó a configurarse como un elemento esencial para la ampliación del pensamiento arquitectónico, la investigación de la forma, la elaboración de una idea o de una intuición constructiva.

En Mesopotamia, los diseños arquitectónicos ocurrían con mayor frecuencia para la práctica de construcciones y para catastro y documentación de obras realizadas. Eran hechos en tabletas de barro, marcados por estiletes metálicos, cuyo sistema de representación era el de proyecciones ortogonales, priorizando las plantas bajas. En Egipto, la finalidad estaba en la ejecución de proyectos, sobresaliendo el uso del papiro como soporte flexible, diseñado con caña de junco. El proceso de representación también estaba basado en las proyecciones ortogonales, muchas veces combinando planta baja, corte y fachada.

Ya en las civilizaciones greco-romanas, aunque la estética griega siguiera la mimesis, no podemos considerar – con los desvíos que miramos para las formas del pasado –, un realismo efectivo en la producción de la imagen. La proporción y la medida constituyeron un reflejo de la Belleza eterna. La construcción de la imagen quedó así limitada por este ideal, porque, siendo objeto del mundo, difícilmente la tendrían construido de otra forma. Así, "la imagen, se fija por si misma, a medio camino de aquello que se ve y del medio de transcripción".

La Edad Media, recuperando algunos de los postulados griegos – sobre todo con los neoplatónicos del siglo III, destacándose del fundo Platino –, rechazaron el culto del visible y del palpable. El espacio conceptual de la pintura románica y gótica, a pesar de su fundamental bidimensionalidad, nos propone los trazos visibles de un universo supra-terreno – un espacio sagrado –, que involucraba, en cierta medida, todo el Occidente. La imagen se presentaba eminentemente simbólica y rompía con el imperio clásico de las sensaciones aliadas a la razón.

A partir del Renacimiento se intenta lograr una movilización – realizado, sobre todo por los artistas –, con el sentido de fornecer imágenes a un espectador cada vez más ávido de ser iludido por esas imágenes. Se simula – en el intento de reducir la distancia entre representación y presentado –, procurando seducir los ojos con el objetivo de establecerles un clima total, o sea, se busca provocar por los ojos una emersión con el cuerpo-entero en la realidad que la imagen simula – sinestésicamente. Concluimos de este modo y con alguna cautela, que el camino iniciado por el Renacimiento culmina en las nuevas tecnologías digitales de la realidad virtual – en cuanto fenómeno históricamente reciente entendido como nuevo proceso de realizar, divulgar y consumir imágenes. Retomemos el raciocinio: la imagen, operativa en la arquitectura como constitución anticipada de la realidad, propone la ilusión de que es tan profunda, tan tridimensional, tan habitable como el objeto arquitectónico. La arquitectura pasa, así, a ser la simulación de la simulación que le dio origen.

Ya en el siglo XX, a partir de los años 80 comenzaron a surgir tecnologías capaces de permitir la elaboración del diseño en medios virtuales, por



los conocidos softwares de Proyecto Asistido por Ordenador (CAD), los cuales se basan en la representación de objetos geométricos elementales dentro de un sistema de coordenadas cartesianas, que hacen factibles posibilidades volumétricas que hasta entonces no podrían transformarse en realidad. Luego, los medios de representación y expresión gráfica en la arquitectura empezaron a pasar por grandes revoluciones, en consecuencia del surgimiento de nuevas tecnologías gráficas, facilitando a fabricación de componentes no-estandarizados con mayor rapidez y precisión. La relación entre la línea y el número se transforma, denominándose por sistemas paramétricos, y así asistimos al emerger de nuevas técnicas y herramientas de trabajo, que tienen nuevas dimensiones y lenguajes, añadidos de grados de libertad y de complejidad, que permiten otras formas de designar la Arquitectura y la Ciudad.

OBJETIVOS

Ante estas realidades la investigación tuvo la finalidad de explorar las posibilidades de representación gráfica aplicada al urbanismo paramétrico para una ciudad flotante, la que responde a dos vertientes actuales, las previsiones de los cambios climáticos y los grandes retos impuestos por el desarrollo económico y la explotación de petróleo y gas en aguas profundas, en la región del Pre-sal, donde Brasil tiene destaque.

En los últimos 150 años fueron registrados aumentos de la temperatura media superficial global. Ella aumentó en 0,74° C desde el final del siglo XVIII y de acuerdo con el Cuarto Informe (2007) del Panel Intergubernamental del Cambio del Clima (IPCC⁴⁰ – Intergovernmental Panel of Climate Change), o AR4, continuará aumentando 0,2 °C en los próximos 20 años. El calentamiento causa la expansión de los mares y consecuente aumento de su nivel (0,01 a 0,02 metros por década), derretimiento de los casquetes polares, inundaciones, sequías y fenómenos como ciclones, olas de calor y períodos de frío pueden moverse en nuevas latitudes, donde las poblaciones locales y/o regionales no están habituadas lo que aumentará los riesgos de fatalidades y daños.

Todos esos efectos ocasionarán un fenómeno que puede ser denominado inmigrantes del clima; las personas migrarán en búsqueda de mejores condiciones de sobrevivencia. Además, el aumento poblacional, que recién llegó a los siete mil millones de personas, trae como resultados la hinchazón de las ciudades y la precariedad en las infraestructuras, no comportando grandes migraciones. Otro punto importante se refiere a la pérdida de valores o identidad del local antes habitado y una vez creada las ciudades flotantes podrán atender a esa demanda de superpoblación donde grupos venidos del mismo local pueden habitar la misma ciudad, siendo capaz incluso de reflejar hábitos pasados.

A partir de eso, se aprovechó una necesidad más inmediata para proyectar una ciudad flotante, una vez que la gran distancia de la región del Pre-sal a la costa (región con 240 kilómetros de distancia de la costa y lámina de agua de 1.500 metros) implicará grandes estructuras urbanas en pleno océano, a fin de dar apoyo al grande contingente de trabajadores. La previsión es que hasta 2020 existan en la región cerca de 20 plataformas de producción de petróleo, cada una con media de 100 trabajadores. A parte estas, habrá aún las de perforación, totalizando 4.000 trabajadores en el mar, todos los días.

La creación de una ciudad en el mar permite además de los cambios hechos en las regiones costeras, cambios entre unidades flotantes, situación aún poco abordada. La proximidad de la ciudad a las plataformas de crudo favorece el abastecimiento de las mismas, que varían entre una o dos reposiciones de estoque por semana. Las empresas podrán ahorrar de forma significativa, con relación a combustible y tiempo. Otro punto fuerte de su ubicación es la oportunidad de mejores condiciones para los trabajadores, una vez que pueden vivir los beneficios de una ciudad, aun con la posibilidad de que sus familias vivan o pasen un tiempo en la ciudad, amenizando la añoranza.

CONTENIDO

A partir de los años 1980, la globalización creó nuevas lógicas políticas, sociales y económicas. Las ciudades comenzaron a asumir un nuevo papel en la economía, haciéndose importantes agentes políticos y protagonistas en las relaciones internacionales. Luego, la atracción de capital privado internacional para la ciudad pasó a ser una actividad potenciadora del desarrollo económico y urbano. En respuesta a esa nueva posición, surge la planificación estratégica, que privilegia el proyecto urbano como instrumento fundamental para el desarrollo, de forma a adecuar las ciudades a este nuevo contexto y hacerlas aptas a competir por su posición global en el mercado.

Sin embargo, esa competencia requiere la generación de un proyecto urbano atractivo, apoyándose en la creación de una imagen peculiar de ciudad, de forma que la diferenciación o las personificaciones dada por

40 Grupo de trabajo responsable por la evolución técnica y científica de las cuestiones climáticas, compuesto por un equipo de más de dos mil científicos de todo el mundo. Cada año emiten un informe sobre la evolución de los aspectos de los cambios climáticos y sus posibles impactos.

el arquitecto favorezca el marketing urbano y la competitividad entre las ciudades en la búsqueda por atracción de inversiones internacionales, posibilitando la construcción de nuevos lugares y generando beneficios tanto locales, como globales.

No obstante, el proyecto de la ciudad flotante sigue la misma lógica de la globalización, teniendo en la elección de herramientas digitales, en particular las paramétricas, la posibilidad de experimentación de varios modelos y configuraciones en tiempo reducido, permitiendo un estudio más completo y factible de éxito. Admite aún la agilidad en los procesos de diseño de formas antes imposibles de ser viabilizadas, o como mínimo alcanzadas por un proceso lento y trabajoso, y la presentación de calidad de imágenes emblemáticas.

Al analizar el proceso de producción paramétrica y su estética resultante, se observa en la arquitectura contemporánea global una convergencia que justifica la designación de esas técnicas como un nuevo estilo, denominado parametricismo. De hecho, el uso de parámetros viene acompañando el desarrollo de la arquitectura y del urbanismo, mismo sin el uso del término, como, la investigación y la aplicación de parámetros matemáticos para uso y ocupación del suelo por el urbanismo moderno para organización del espacio (SILVA, R.C.; AMORIM, L.M.L., 2010). Pero en los últimos años el uso de parámetros ha ganado nuevamente importancia, a la medida que se aproximaron a las herramientas más avanzadas de proyecto asistido por ordenador, como el Generative Components (GC) y el Digital Project (DP), el Maya Mel Script y el Rhino Script, entre otros, que permiten el modelado paramétrico vía script.

Luego, el urbanismo paramétrico se basa esencialmente en esas herramientas, estableciendo nuevas lógicas de diseño por medio de técnicas de variación, diferenciación y deformación, tanto en las mallas urbanas como en las masas edificadas. En Parametricist Manifiesto, 2008, presentado en la 11ª Bienal de Arquitectura, Venecia, Patrik Schumacher y Zaha Hadid, describen la necesidad de creación de mecanismos capaces de organizar y articular el complejo crecimiento de la sociedad postfordista, o sea, la sociedad antes caracterizada como individual, con patrón de consumo universal, viene evolucionando a una sociedad heterogénea. Así, los procesos de producción numéricamente controlados por ordenador, facilitaron la fabricación de componentes no estandarizados con mayor rapidez y precisión, introduciendo nuevas lógicas de producción y la noción de "mass customization", en oposición a la noción fordista de "mass production", que se caracterizó por lógicas de estandarización o repetición serial de elementos estandarizados, pre-fabricación y montaje *in loco*.

Por no haber sido posible el acceso a los programas anteriormente citados, se importó la metodología de representación del diseño paramétrico para el programa Autodesk Revit Architecture 2012, abordando los conceptos de *positive heuristics* (reglas o procedimientos positivos), formación-enjambre, noción de espacio como campos y la declaración de parámetros.

El programa Autodesk Revit Architecture 2012 permite la creación de modelo previo, donde el usuario puede experimentar el modelado de complejas y diferentes formas, en el nombrado "estudio de masa" y luego exportar para el documento de proyecto e insertar elementos que hagan su presentación más realística, como paredes, techos, pisos, puertas, ventanas y aún modificar sus colores, texturas e iluminaciones.

Por *positive heuristics* se entiende la diferenciación y variación de la forma, en la que nada se repite y dos edificios no deben tener, necesariamente, la misma forma. Ya la formación-enjambre se refiere al conjunto de los edificios, y tienen relación directa con el concepto de los campos, o sea, los edificios forman un campo en constante estado de cambio, por el que las continuidades legítimas conectan esta multiplicidad de edificios. La modulación sistemática de las morfologías de edificios, según Schumacher, produce poderosos efectos urbanos y facilita la orientación del campo. Transfiere la condición de orientabilidad de la ciudad para los vectores del campo urbano, o sea, para su propio sistema de espacios cerrados y abiertos, donde la propia forma espacial crea un campo probabilístico de encuentros interpersonales, por tanto de patrones de movimiento.

Luego, el campo asume un abordaje diferente de la noción de espacio del modernismo (vacío isotrópico) (SCHUMACHER, 2008 apud SILVA, R.C.; AMORIM, L.M.L., 2010) y del postmodernismo (lugar) (FRAMPTON, 1980 apud PEONIS, 1989 apud SILVA, R.C.; AMORIM, L.M.L., 2010). Los campos son llenos, como si rellenos por un medio fluido, como líquidos en movimiento, estructurados por la irradiación de olas, flujos laminares y remolinos espirales. Dentro de los campos sólo las calidades globales y regionales importan: polarizaciones, tracciones, gradaciones, y mismo tal vez singularidades claras como irradiación de centros (formación enjambre). Deformación ya no significa quiebra de orden, sino el registro legítimo de la información. La orientación en un campo complejo legítimamente diferenciado posibilita la navegación a lo largo de vectores de transformación.

Los parámetros utilizados para el estudio fueron los Parámetros Formales, responsables por la definición de la forma urbana, del diseño de las mallas y de las masas edificaciones; los Parámetros Funcionales, referentes a los usos urbanos; Parámetros Ambientales, o sea, los datos físicos y ambientales del sitio donde se insertan tales proyectos urbanos; y los Parámetros Espaciales, como aquellos relativos a la estructura, las propiedades de accesibilidad y visibilidad e interface entre los espacios abiertos y continuos (calles, plazas, etc.) y cerrados (edificaciones).



Para la concepción del proyecto, tanto el formato de la ciudad como el de las edificaciones fueron ideados relacionándolos con los arrecifes de coral, de acuerdo a similitudes técnicas, sociales y económicas notadas. En Brasil, los corales van de la región del estado de Maranhão hasta el sur del estado de Bahía; la ciudad se convertiría en un gran coral artificial en la región de la Cuenca de Santos.

Técnicamente, los corales son estructuras rocosas rígidas y resistentes a las acciones de las olas y mareas, bien como la estructura de la ciudad debe comportarse. Socialmente, los corales abrigan un 30% de las especies marinas y un 65% de los peces, o sea, poseen forma concentrada de la diversidad biológica. Y económicamente, sirven de alimento tanto para animales marinos, como para el hombre; son atractivos turísticos y generan renta. A partir de eso, fueron escogidos el plano (láminas de agua) y el cilindro (estructura de los corales) como bases a ser trabajadas para inserción y variación de uno o más parámetros.

Aún, para hacer viable el proyecto, se recurrió a la ingeniería naval, que definió el suelo urbano como una plataforma flotante, de hormigón, constituida por varios módulos en formato hexagonal acoplados. Fueron definidas dos denominaciones, "módulos de apoyo", que abrigan sistemas responsables por el funcionamiento y mantenimiento de las actividades humanas, una vez que la distancia de la costa impone la característica de ser auto sostenible; y "módulos ciudad", donde las edificaciones irán desarrollarse. Ya que todos los módulos deben tener todas las dimensiones iguales, se tomó como referencia el "módulo de apoyo" como definidor de la unidad patrón, teniendo la estimativa de la población inicial de 50.000 habitantes y su respectivo consumo de energía, producción de basura y alcantarillado como elementos precursores para la etapa de proyecto, ya que a partir de eso fue posible prever la cantidad de equipos necesarios a ser ubicados. Luego, tras ese dimensionamiento, fue posible el estudio de la configuración, siendo que la ciudad presentada respeta la relación de 1 "módulo de apoyo" para cada 30 "módulos ciudad" y este conjunto repetido cinco veces, caracterizando la forma final de la ciudad.

La metodología importada para el programa Autodesk Revit Architecture 2012 resultó en un trabajo más manual, si comparado a las herramientas vía script. En la sección de "estudio de masa", fueron creadas cinco familias de componentes, o sea, por la definición del programa, son archivos salvos externamente, como si fueran miniproyectos, pudiendo ser insertados en cualquier proyecto futuro. Tras la creación de cada familia, estas asumieron tipos diferentes, los que fueron responsables por mantener el modelo intacto, de acuerdo con sus características, mas, flexibles a alteraciones numéricas. Luego, en cada familia fue posible parametrizar algunas ecuaciones, las que pudieron determinar y alterar parámetros como anchura, altura, rayo y etc. Eso fue hecho en el cuadro de Propiedades, en el que el usuario define cuales parámetros usar y cómo ellos irán comportarse en cada *masa creada*, nombre dado a cada edificio o módulo de la ciudad, siendo posible modificar cada masa separada o un conjunto de ellas, desde que estén seleccionadas.

Las cinco familias creadas corresponden al suelo urbano, dos conjuntos de edificios definidos por el parámetro viento, dos conjuntos de edificios definidos por el parámetro de masa y un conjunto de edificios definidos por el parámetro de desplazamiento de pisos por el eje central. Todos esos parámetros serán explicados con detalles en el ítem 1. Descripción de los parámetros. Así, esas cinco familias fueron creadas en archivos separados, lo que permitió tanto mantener las particularidades de cada conjunto de acuerdo con la declaración de parámetros exclusivos, como para rápido manejo, ya que los miniproyectos mostraron ser archivos más leves. Tras la creación de cada familia, cada una fue exportada para el archivo de proyecto final, donde fue posible visualizar el conjunto completo. La necesidad de cambios posteriores para corrección del objeto final (ciudad) no se identificó como un problema, una vez que la alteración en cada miniproyecto automáticamente se modificaba en el proyecto final.

1. Descripción de los parámetros:

1.1 Parámetros formales

1.1.1 Masas edilicias

Como dicho anteriormente, la concepción inicial referente a los arrecifes de coral influyó en el estudio de las masas edilicias de la ciudad. Fueron seleccionadas dos formas, el cilindro, presente en la mayor parte de las estructuras de diferentes corales y el plano, referenciando los varios planos de agua en el mar. La inserción de parámetros como altura, anchura, ángulos, curvatura, rayos, rotaciones, torsiones y superposiciones de masa y todas sus variaciones resultaron en inúmeras formas, las que fueron analizadas para la elección de las que mejor se adecuarían al espacio y en relación a otros parámetros declarados.

1.1.2. Definidores de forma

Con el suelo definido, fueron hechas varias líneas, del tipo del Splines⁴¹ representando el movimiento que las edificaciones seguirían al deslizarse por la malla urbana. Fue pensando en un conjunto de masa sólida y un de masa con aperturas centrales, que se fragmentan y por fin se reúnen en un conjunto de masas sobrepuestas. Otras líneas Splines fueron marcadas en la lateral izquierda y en el rincón superior, las que se refieren al elemento viento y su influencia, que será descrita posteriormente.

1.1.3 Diseño de la malla urbana

El diseño de la malla urbana fue hecho en un conjunto de módulos (equivalente a 30 módulos) y posteriormente unidos para la formación final de la ciudad, corrigiéndose las conexiones entre los mismos. De acuerdo con el formato del conjunto, fueron estudiados tres posibilidades de diseño urbano: la línea de Maglev⁴² de pasajeros, que contorna el conjunto, formando un grande hexágono, el trazado triangular y el trazado ajedrez. Los estudios fueron sobrepuestos y corregidos lo que resultó en una malla final de ángulos agudos, líneas inclinadas y que demostró las posibilidades para un variado parcelación del suelo.

1.2 Parámetros ambientales

1.2.1 Vientos

La región de la Cuenca de Santos posee dos vientos dominantes, el nordeste (NE) y el les - nordeste (ENE)⁴³. Así, la ciudad fue posicionada para que el ENE pase por la parte superior, mientras el nordeste, por la lateral izquierda de la ciudad, posibilitando aprovechar su fuerza, reducir su velocidad y proteger demás áreas de la ciudad con forma apropiada de edificaciones.

De acuerdo con especificaciones navales (Código para la Construcción y Equipaje de Unidades Muebles de Perforación, de 1989 (MODU Code/1989, p.24), esas edificaciones deben seguir la ecuación del cálculo de las fuerzas de viento, $F = 0.5 \times CS \times CH \times P \times V^2 \times A$, donde los parámetros se refieren a:

F – Fuerza del viento (N);

CS - Coeficiente de forma; depende de la forma del elemento estructural expuesta al viento;

CH - Coeficiente de altura; depende de la altura arriba del nivel del mar de la estructura expuesta al viento;

P – Peso específico del aire (1.222 kg/m³);

V – Velocidad del viento (m/s);

A – Área proyectada de todas las superficies expuestas en cualquier posición vertical (m²).

Así, el parámetro CS, referente a forma, es el más importante, una vez que la elección de un valor bajo, reduce la fuerza del viento, impidiendo que toda la estructura derribe y hasta mismo se hunda. Luego, las formas más indicadas son las cilíndricas, aproximándose al máximo de las superficies esféricas (de hecho, superficies arredondeadas distribuyen de forma uniforme la fuerza del viento, disminuyéndola); para tal, fueron trabajados parámetros de curvatura, de rayo y rotación en el eje, simulando en los edificios la dirección de los vientos, haciendo surgir dos tipologías. Una marca el encuentro de los dos vientos, localizada en el rincón superior y la otra tipología, localizada en el rincón izquierdo de la ciudad, se inclina en la dirección del viento nordeste, como se sufriera influencia del mismo. En las dos tipologías fueron insertadas turbinas eólicas, responsables por toda la generación de energía de la ciudad.

Vale resaltar que la misma ecuación sirvió de base para determinación de la altura final de los edificios, de acuerdo con el parámetro CH de altura y de la densidad, con el parámetro A, de área proyectada de las superficies, junto con los parámetros de las masas edilicias, usos y número de la población inicial de 50.000 habitantes.

1.2.2 Aislamiento y temperatura

En este ítem fueron generadas imágenes de estudio de comportamiento de las sombras de los edificios en diferentes horarios del día, en el solsticio de verano y en el solsticio de invierno, insertando los parámetros de localización, latitud y longitud, datos de temperatura, ya que la región presenta medias alrededor de 26 °C en los meses más calurosos, y alrededor de 21 °C en los meses más fríos y datos de aislamiento, en los que la cantidad media de horas de incidencia directa del sol por mes es mayor en los meses de verano, con máximo en enero y mínimo en septiembre y el aislamiento mínimo observado ocurre en la primavera.

41 Spline: curva definida matemáticamente por dos o más puntos de control. Los puntos de control que quedan en la curva son llamados de nudos. Los demás puntos definen la tangente a la curva en sus respectivos nudos.

42 Maglev: tren de pasajeros o carga, cuyo sistema utilizado es el de levitación magnética para suspender, orientar e impulsar vehículos de imanes, al revés de utilizar métodos mecánicos.

43 Todas las informaciones referentes a las condiciones climáticas de la Cuenca de Santos fueron sacadas del informe de la Petrobrás "EIA/RIMA - Proyectos Integrados de Producción y Flujo de Petróleo y Gas Natural en el Polo Pre-Sal, Cuenca de Santos – 2010".



En seguida, la imagen de algunas calles fue aproximada, con la intención de enseñar las sombras proyectadas en ellas en período de solsticio de verano. Los resultados fueron satisfactorios ya que pudieron enseñar grandes proyecciones de sombra en horarios de intensidad solar, protegiendo y ayudando a refrigerar las calles.

1.2.3 Precipitación

Fue insertado el parámetro de precipitación, en el que se observa que enero, febrero y marzo son los meses más lluviosos (medias alrededor de 180 mm), mientras que el período de abril a agosto es el más seco (medias alrededor de 85 mm). A partir de esas informaciones fueron estudiados tipos de techos apropiados para recoger las aguas de las lluvias.

1.2.4 Relieve

Ya que el suelo urbano se constituye de hormigón, luego artificial, el relieve natural en la ciudad no existe. El urbanismo paramétrico da condiciones de explorar la plástica urbana, permitiendo crear movimientos y rompiendo la rigidez. Por tanto, los propios edificios confieren el relieve de la ciudad. Reforzando la idea, el Maglev de pasajeros no recorre solamente en la superficie del suelo, él sube por los edificios, parando sobre ellos; baja por los subsuelos de los módulos hexagonales, o sea, emerge y sumerge, en la misma movida de los edificios. Es la quiebra de la rigidez, a principio, presentada por la ingeniería naval; y la búsqueda constante de la arquitectura por la humanización de los espacios.

1.2.5 Vegetación

Para la vegetación de la ciudad fue escogido el sistema de naturación, una tecnología de aplicación de vegetación sobre superficies construidas, pudiendo ser aplicada en cualquier área construida, o sea, coberturas, fachadas y vías, en ese caso utilizando sistema hidropónico, en que las plantas son regadas por goteo, aprovechando espacios antes no utilizados, transformándolos en jardines o plazas.

1.3 Parámetros funcionales espaciales

1.3.1 Usos Urbanos

Para los usos urbanos fue definido el parámetro de uso mixto cuya la alta variedad de equipos garantiza la diversificación y el constante movimiento de usuarios.

El programa de la ciudad se divide en servicios de mantenimiento - basura: reciclaje, incineradores, limpieza y mantenimiento de áreas verdes; alcantarillado: tratamiento y disposición final de alcantarillado; agua: desalinizadores, reaprovechamiento de agua y colectores; energía: biogás y eólica; transporte: verificación y mantenimiento de transporte colectivo; e ingeniería naval: verificación y mantenimiento de la estructura.

Producción de alimentos: hacienda vertical, hacienda de algas y maricultura⁴⁴; ocio y turismo: parque acuático, deportes marítimos, playas artificiales, hoteles, casas nocturnas, parques, plazas, restaurantes, bares y gimnasios polideportivos; comercio: puerto (carga y descarga), supermercados y tiendas; servicios: hospital, cementerio vertical, puestos de salud, edificios comerciales y casas de reposo; institucional: escuelas, guarderías, centro de investigación, administración, central de control principal, espacios para centros religiosos, biblioteca, teatro, cine, museo, galerías, puestos policiales, cuerpo de bomberos, comisaría general; y viviendas: edificios residenciales con departamentos para familias de 4 a 5 personas, para familias de 3 personas y edificios *flats* para 1 o 2 personas y viviendas.

Los servicios de mantenimiento se mantuvieron en los "módulos de apoyo", mientras que los usos trabajados en los demás "módulos ciudad" y para diversificación fueron los de ocio y turismo, comercio, institucional y el de viviendas. Edificios de usos mixtos próximos pueden ser interconectados por pasarelas que faciliten el tráfico; o mismo conectados por pisos comunes, permitiendo la creación de nuevos espacios.

1.3.2 Calles

El principal medio de transporte es el maglev de pasajeros, que tendrá integración con otros medios de transporte como el préstamo de bicicletas, segways⁴⁵ y los citycars⁴⁶, estos dos últimos preferencialmente para ancianos y patrulla de policía.

⁴⁴ Maricultura o acuicultura, consiste en una pesca marítima con la utilización de jaulas flotantes y sumergibles para captura de peces.

⁴⁵ Segway: un medio de transporte de dos ruedas inventado por Dean Kamen, que funciona a partir del equilibrio del individuo que lo utiliza. Es eléctrico, y utiliza dos baterías Li-ion, que le permiten una autonomía de cerca de 35 kilómetros y una velocidad máxima de 20 km/h.

⁴⁶ CityCar: creado por la empresa MIT, es un medio de transporte individual, con funcionamiento por motores eléctricos no-contaminantes, cuyo pago sería por tiempo de uso. Con capacidad de reducir su largura, hasta tres vehículos ocuparían una única plaza de aparcamiento actual.

1.3.4 Polarización o formación-enjambre

Fueron demarcadas las regiones con mayor capacidad de atracción de personas, de acuerdo con la identificación de usos para grupos de personas de intereses diferentes, o sea, no todas esas concentraciones atenderán todas las personas. Los parámetros de altura y escalonamiento fueron los más importantes, ya que son responsables por llamar atención para la aglomeración.

Así, fueron determinadas cinco grandes regiones de usos mixtos e irradiaciones de once centros, con alcance variado, para la región que contiene el centro cultural, la región del centro de investigaciones, dos centros de entretenimiento, hotelería, negocios, edificios residenciales, centro de deportes y área destinada para espacios religiosos.

1.3.5 Espacios abiertos y cerrados

Utilizando el parámetro de desplazamiento de los pisos de su eje central, permite tanto la creación de nuevas áreas externas, como también la marcación de usos de acuerdo a la rotación, caracterizando edificaciones de volúmenes diferenciados. Las nuevas áreas pueden tener uso público o privado, de acuerdo con el uso pavimento, pudiendo así abrigar parques, plazas, patio y techos verdes.

CONCLUSIONES

A pesar del programa Autodesk Revit Architecture 2012 haber presentado modelado rápido y fácil de manipulación, algunos cálculos tuvieron que ser hechos manualmente para que después fueran insertados, ya que el programa no contiene herramientas suficientes como los programas de modelado vía script, verificándose, así, la grande potencialidad de estas herramientas si están presentes.

Además de los parámetros numéricos, fueron, también, declarados los parámetros no numéricos para mejor comprensión global del proyecto. En muchos casos de proyectos de ese tipo, esos parámetros no son mencionados, dando énfasis apenas a los numéricos, resultando en algunas cuestiones siendo dejadas en abierto.

Por fin, tanto la representación paramétrica, como la utilización de los fundamentos de esa nueva tendencia fueron los que mejor se adecuaron, por tratarse de un proyecto cuyas características pasan por la alta concentración demográfica, la necesidad de la compactación del espacio y la organización del mismo, y la creación de una imagen capaz de atraer la atención para inversiones futuras.

Referencias bibliográficas

Silva, R.C.; Amorim, L.M.L "Urbanismo paramétrico: emergência, limites e perspectivas de nova corrente de desenho urbano fundamentada em sistemas de desenho paramétrico" In VIRUS. N. 3. São Carlos. Nomads.usp, 2010. Disponible en: <http://www.nomads.usp.br/virus/virus03/submitted/layout.php?item=2&lang=pt> Accedido en: 02/11/2011

Stavric, M; Marina, O "Parametric modeling for advanced architecture" Issue 1. Volume 5, 2011. Disponible en: <http://www.universitypress.org.uk/journals/ami/19-794.pdf> Accedido en: 02/11/2011

Teperino, Luciana "Ensaio para a colonização do mar: cidade flutuante" Tesina presentada en el Curso de Arquitectura y Urbanismo de la Universidade Federal de Juiz de Fora, en julio de 2011. Orientación del Arq.to/Prof. M. Sc. Mauro Santoro Campello.



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA DEL PATRIMONIO: UN PASO ADELANTE

José Antonio BENAVIDES LÓPEZ
José Antonio BARRERA VERA
José María MARTIN CIVANTOS

Universidad: Universidad de Granada / Universidad de Sevilla/Universidad de Granada
Departamento: Dpto. Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería

Resumen

La documentación gráfica de patrimonio tiene como finalidad primordial el conocimiento integral del objeto arquitectónico o arqueológico.

El primer nivel de salvaguardia es el conocimiento y conocer quiere decir documentar. La DOCUMENTACIÓN constituye el soporte indispensable para la tutela del patrimonio cultural, constituye además el requisito previo para toda intervención en el Patrimonio.

Nuestro trabajo no debe limitarse a un conjunto de operaciones de medida y su posterior representación. Nuestros gráficos deben transmitir o reflejar el análisis crítico que nos permita comprender el edificio o bien en su configuración completa, referida a su contexto urbano o territorial. Debemos observar las características dimensionales y métricas, estructurales y constructivas, formales y funcionales, e incluso históricas que motivaron las decisiones adoptadas

Los grandes avances en software y hardware constituyen una ayuda indispensable para la generación de modelos tridimensionales del patrimonio que nos permitan no solo conocer el elemento con mayor profundidad y precisión en mucho menor tiempo sino una herramienta de comunicación y difusión del nuestro patrimonio.

INTRODUCCIÓN

Al hablar de documentación del patrimonio, podemos diferenciar dos vertientes: La documentación métrica y la no métrica.

La documentación **no métrica** se emplea, fundamentalmente, a nivel divulgativo y didáctico, bien en museos o paginas webs o en el propio entorno donde se desarrolla la intervención. En este ámbito podemos incluir los modelos 3D o representaciones virtuales, fotografías históricas, panorámicas 360°, etc.. Documentos, no técnicos, pero de una gran valor cultural.

Por otro lado, la documentación **métrica** constituye un documento esencial para todos aquellos agentes que deben intervenir en el proceso de protección del patrimonio, nos referimos a los técnicos (arquitectos, arquitectos técnicos, ingenieros de edificación, geólogos, etc.) así como aquellos que utilizan esta información como base para su registro de datos (historiadores, arqueólogos, restauradores, etc).

En este ámbito se necesitan documentos que determinen la geometría y dimensiones reales del objeto de estudio, con sus deformaciones y deterioros, y para ello realizaremos planos de planta, alzados, secciones, así como modelos métricos tridimensionales (alámbricos, de nubes de puntos o superficies).

Estos documentos constituyen además la base para cualquier proceso de intervención : restauración, rehabilitación o conservación.

De forma resumida, el proceso de la documentación métrica del patrimonio, ha sufrido a lo largo de la historia, importantes variaciones: desde las primeras mediciones con cinta, se pasó a las mediciones con instrumentos y métodos más complejos –mediciones topográficas-, posteriormente se realizaron levantamientos fotogramétricos, hasta que, no hace muchos años, surgieron los modernos escáner laser 3D y muy recientemente, software de generación de modelos fotogramétricos 3D mediante multi-imagen.

Al rigor métrico que exigían los primeros, que requería de verdaderos especialistas en la toma de datos y posterior representación, se contraponen las nuevas técnicas "semi-automáticas" de generación de modelos tridimensionales, que si bien permiten extraer la información métrica que obtenemos con los primeros (plantas, alzados, secciones, etc), esta parece pasar a un segundo lugar al quedar deslumbrados por la "facilidad" con la que somos capaces de reproducir la realidad, no entrando de lleno en la verdadera finalidad de nuestro trabajo: El conocimiento y análisis integral del bien patrimonial. Dicho de otro modo nos convertimos en creadores de gráficos 3D animados y generadores de gráficos automatizados (¿Cuántas secciones de planta quieres del modelo, 30 o 40?) y no en técnicos especialistas en documentación y análisis del patrimonio.

OBJETIVOS

- Conocer y documentar el patrimonio arquitectónico y arqueológico, como base para su protección, conservación y difusión.
- Obtener modelos tridimensionales lo más precisos posibles del patrimonio arquitectónico o arqueológico a partir de los nuevos instrumentos y software de gestión.
- Obtener la documentación gráfica del patrimonio mediante la obtención de aquellos documentos técnicos necesarios (plantas, alzados, secciones, etc) a partir del uso de las nuevas tecnologías, es decir, queremos llamar al atención sobre la verdadera finalidad de la documentación gráfica del patrimonio, restando importancia a los seductores modelos tridimensionales generados por los escáner laser 3D o por los sistemas fotogramétricos multi-imagen. Nuestra obligación es documentar de una forma técnica y rigurosa las cualidades geométricas, dimensionales, estructurales, formales, tecnológicas, de materiales, de evolución histórica, de patologías, etc. etc. y no generar fascinantes espacios virtuales carentes de esta información.
- Analizar la fiabilidad de los nuevos sistemas con respecto a otros métodos precisos ya sistematizados.

CONTENIDO

No podemos negar la importancia que las nuevas tecnologías aportan a la documentación del patrimonio así como tampoco debemos renunciar a los sistemas eficaces ya conseguidos. No todos los avances mejoran aquello a lo que sustituyen. Como norma se deben utilizar instrumentos y métodos que proporcionen resultados adecuados con la máxima productividad.



Fig. 1: Modelo de nube de puntos 3D de la cúpula y torre de la Iglesia de S. Justo y Pastor (Granada), mediante escáner laser -Scan Station2, Leica-. Resolución de malla de 5mm. Fuente: José Antonio Benavides



Fig. 2: Perspectiva del modelo triangulado de la zona interior de la cúpula de la Iglesia S. Justo y Pastor (Granada), realizada mediante fotogrametría multi-imagen. Fuente: José Antonio Benavides

Los modelos tridimensionales generados por ordenador dejan poco espacio a la interpretación del operador. Permiten extraer de un modo semi-automático formas complejas que de otro manera sería muy difícil o imposibles de obtener. Nuestra finalidad consiste en ser capaces de extraer, de forma consciente y premeditada la información necesaria para una documentación rigurosa del bien arquitectónico o arqueológico, restando importancia al aspecto estético de los FABULOSOS modelos tridimensionales generados por ordenador.

Por otro lado, la manipulación de tan ingente cantidad de datos y la adquisición y especialización del software necesario para la obtención de información hacen inviable, en la mayoría de los casos, la transferencia completa de estos modelos, siendo necesario facilitar los planos de planta, alzados o secciones que se precisen en cada caso. Como dice Carandini (1997: 142-144) *"no se puede publicar, todo, de modo que, se publican los planos compuestos de período y las secciones más elocuentes. Del edificio lo lógico es publicar todas las plantas y los alzados que haya sido posible estudiar"*



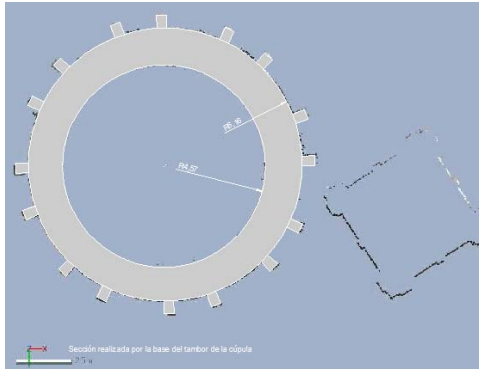


Fig. 3: Secciones por la cúpula y torre campanario de la Iglesia de S. Justo y Pastor (Granada) a partir de la nube de puntos del modelo 3D de escáner. Fuente: José Antonio Benavides López

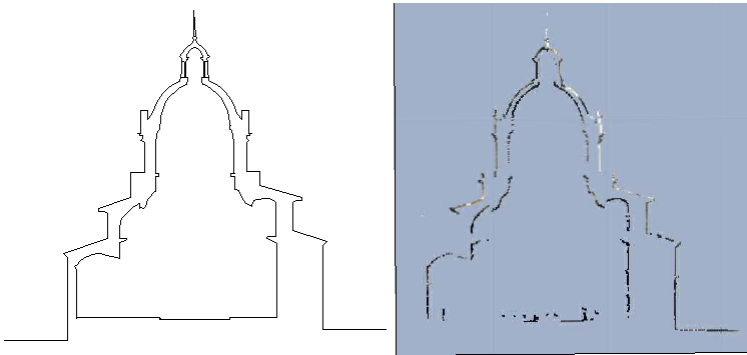


Fig. 4: Plano sección en CAD extraída de los datos del modelo 3D de la nube de puntos de la Iglesia de S. Justo y Pastor. Fuente: José Antonio Benavides López

Nuestra experiencia nos muestra que, en muchas ocasiones, los operadores de estas nuevas técnicas están más preocupados por la obtención del modelo tridimensional que recrean atractiva la realidad (modelo 3D que se mueve en pantalla), que por el estudio riguroso del objeto arquitectónico. Se está más preocupado por los aspectos estéticos (color, agujeros de malla, ruidos, eliminación de objetos) que por el rigor métrico y por el verdadero análisis (geométrico, formal, de materiales, estructural, de patologías, etc.), verdadero objetivo de nuestro trabajo.



Fig 5. Orto-imagen a partir de la nube de puntos de la margen izquierda de la Carrera del Darro (Granada). 2009. Fuente: José Antonio Benavides

Por otro lado, la "facilidad" con la que se obtienen los datos llega a confundir a operador, haciéndole pensar que es posible reproducir el objeto de estudio como si del propio edificio o yacimiento se tratara. Acostumbrados como estamos a la utilización de programas de diseño asistido en los que es posible representar conceptualmente, mediante entidades vectoriales, objetos de magnitudes inferiores al milímetro o visualizar en

pantalla objetos a la escala 1:1 o incluso mayores, provoca cierta decepción cuando manejamos u observamos modelos tridimensionales de la realidad obtenidos por escáner laser 3D o por fotogrametría. La posibilidad digital de ampliar la imagen en la pantalla hasta donde uno desee, hace que se observen los errores propios de los instrumentos, al igual que si ampliamos una fotografía de muy buena calidad, tarde o temprano observaremos los pixel de la imagen o incluso uno de ellos pueda ocupar todo el ancho de la pantalla. Sería absurdo pensar que podemos obtener un modelo tridimensional con precisión de 1 o 2 mm. cuando el propio instrumento tiene un error aprox. de 1 cm/100 m. en la medida de la distancia.

Debemos tener muy claro cuál es la finalidad de nuestro trabajo, para definir la precisión con la es necesario trabajar y por tanto elegir el instrumental más adecuado (siempre que sea factible) para la realización del mismo. En este sentido habrá que tener en cuenta la precisión exigible a un documento impreso a una escala determinada, y no la información digital en pantalla, ya que esta es posible ampliarla a escalas mayores, incluso, de la 1:1. La precisión exigible es, por tanto, el límite de percepción visual (0,2mm) por el denominador de la escala (para un documento impreso a escala 1:50 se le exige una precisión de $0,2\text{mm} \times 50 = 10\text{mm}$). Error que viene a coincidir con el propio de escáner laser de largo alcance a una distancia al objeto de 100m. La resolución de la malla de escaneo vendrá condicionada por las escala de impresión y esta a su vez, determinada por el objeto a documentar (está claro que un bajo relieve no se debe representar a escala 1:200 al igual que la planta de una basílica no se puede representar a escala 1:20). En las figuras 6 y 7 se muestran la diferencia entre la sección de un modelo de escáner con una resolución de malla de puntos de 4 cm y el mismo modelo con una resolución de malla de 2 mm. Esta claro que entra ambas resoluciones hay un amplio abanico de medidas que permitan optimizar el tiempo de escaneo y el resultado obtenido.



Fig. 6: Sección obtenida a partir de la nube de punto con una resolución de malla de 4cm

Fig. 7: Misma sección obtenida a partir de la nube de punto con una resolución de malla de 2mm. El tiempo en la captura de datos se multiplica exponencialmente

En la figura 8 se observa la indefinición que produce al hacer un zoom a la nube de puntos, caso similar al que se produce en la figura 9 cuando realizamos un zoom a una fotografía.

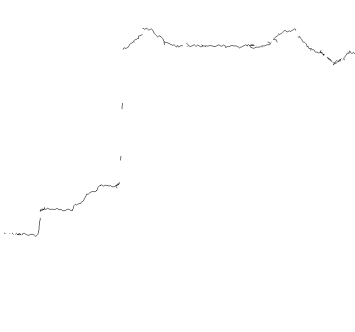


Fig. 8: Detalle de la indefinición de la sección obtenida mediante la nube de puntos con resolución de malla de 2mm.

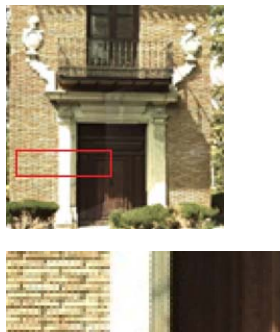


Fig. 9 Vista general y detalle ampliado de la portada donde se observan los indefinición de los pixels

El principal problema se plantea cuando al centramos tanto en los aspectos **técnicos** necesarios para la obtención de la información, perdemos de vista la verdadera finalidad de nuestro trabajo: conocimiento integral del objeto arquitectónico o arqueológico. (Almagro Gorbea 2004)

Saber leer en un edificio o resto arqueológico, la información de tipo geométrica, constructiva, histórica, estilística, estructural, de patologías, etc no es tarea fácil y en la mayoría de los casos pasa desapercibida para la mayoría de profesionales y operarios que trabajan en ella. El conocimiento profundo de un bien arquitectónico o arqueológico requiere la intervención, en la mayoría de los casos, de distintos profesionales con tareas diferenciadas. Es nuestra obligación formar a profesionales que sean capaces de ir más allá, de dar un paso adelante, que aprendan a valorar e interpretar la arquitectura, documentarla y difundir su conocimiento - Primer objetivo para su protección y salvaguarda-.

La experiencia nos dice que si bien el proceso de modelización requiere una metodología, más o menos estándar, el verdadero proceso de análisis, es decir, el diagnóstico que podemos deducir es estos datos



requiere una especialización y experimentación mucho más compleja. Disciplinas como la Arqueología de la Arquitectura nos enseñan que todo lo que aparece ante nosotros es mucho más complejo y fascinante de lo que en principio podríamos pensar. (Caballero Zoreda 1996)

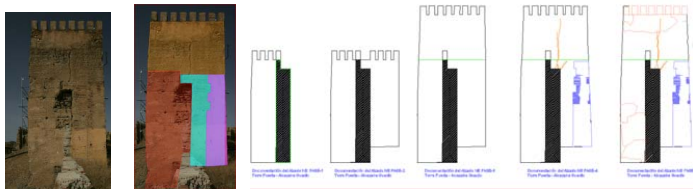


Fig 10. Representación de la evolución histórica la Torre Puerta de la Alcazaba de Guadix (Granada) a partir del análisis arqueológico murario. Fuente: José Antonio Benavides/José María Martín Civantos.

CONCLUSIONES

No todos los avances mejoran aquello a lo que pretenden sustituir.

Se deben utilizar instrumentos y métodos que proporcionen resultados adecuados con la máxima productividad.

No se debe perder de vista la verdadera finalidad de nuestro trabajo con respecto a la protección del patrimonio: El conocimiento integral del objeto arquitectónico o arqueológico, mediante un análisis crítico que nos permita comprender el edificio o bien en su configuración completa (características dimensionales y métricas, estructurales y constructivas, formales y funcionales, e incluso históricas) que han motivado la propia existencia del bien patrimonial.

Referencias bibliográficas

Almagro Gorbea, A. 2004, Levantamiento arquitectónico, Universidad de Granada, Granada.

Azkarate Garai-Olaun, A. 2008, "La Arqueología de la Arquitectura en el siglo XXI", Arqueología de la arquitectura, , no. 5, pp. 11-13.

Caballero Zoreda, L. 1996, "El análisis estratigráfico de construcciones históricas" in Arqueología de la arquitectura : el método arqueológico aplicado al proceso de estudio y de intervención en edificios históricos : actas, 1st edn, Junta de Castilla y León, Consejería de Educación y Cultura, , pp. 55-74.

Jiménez Martín, A. & Pinto Puerto, F. 2003, Levantamiento y análisis de edificios :tradición y futuro, Universidad de Sevilla, Sevilla.

DIGITALIZACION DE EDIFICIOS DE FORMA AUTOMATICA Y SEMIAUTOMATICA MEDIANTE LA FORMACION DE DSM. EVALUACION METODOLOGICA Y PROPUESTAS DE ACTUACION.

Jose Luis CABANES GINES
Elena GARCIA-GELA BERT RIVERO

Universidad Politécnica de Valencia
Departamento Expresión Gráfica Arquitectónica

Abstract

The aim of this paper is to introduce the formation of digital models of architectonic motifs mediating photogrammetric techniques that operate with a variable level of self-execution, and evaluate their adequacy in relation with the documentation and the intervention on the built heritage. In fact we distinguish between automatic and semiautomatic projects based on points, analyzing the process of exterior orientation and its integration in conventional design environments, obtaining results as classical models and DSM.

The utilization of these techniques in the survey of buildings allows the obtainment of a large amount of 3D data processed correctly, without accidental errors, which present a new way to capture the reality, totally different from the classical geometric interpretations based on linear or superficial elements. This makes possible to achieve results until recently intractable, which also are integrated with the standard software of design by using specific tools of advanced edition.

Introducción

El presente trabajo pretende introducir la formación de modelos digitales de motivos arquitectónicos mediante técnicas fotogramétricas que operan con un nivel de autoejecución variable, así como evaluar su adecuación en relación con la documentación y la intervención sobre el patrimonio edificado. Una visión general del estado de la cuestión debe contemplar el conjunto de iniciativas para la puesta en valor del patrimonio edilicio a través de la interactividad en la web, que comprenden desde la formación de modelos 3D a partir de datos procedentes de estos sensores pasivos, hasta la formación de macro panoramas con estas mismas fotos solapadas, con ejemplos tan interesantes como el *Google Art Project* o el paquete formado por el generador de panoramas *MS Image Composite* junto con el navegador web *MS PhotoSynth*, entre otros.

Ello debido a que todas ellas comparten la técnica de la autodetección de puntos correspondientes en imágenes solapadas mediante algoritmos basados en las llamadas "matrices de búsqueda", como planteamiento de partida. El perfeccionamiento de esta técnica de imagen digital permite hoy por hoy generar panoramas mapeando sobre la geometría de un determinado lienzo de proyección, o bien modelos 3D aplicando después el algoritmo clásico orientación fotogramétrica, indistintamente.

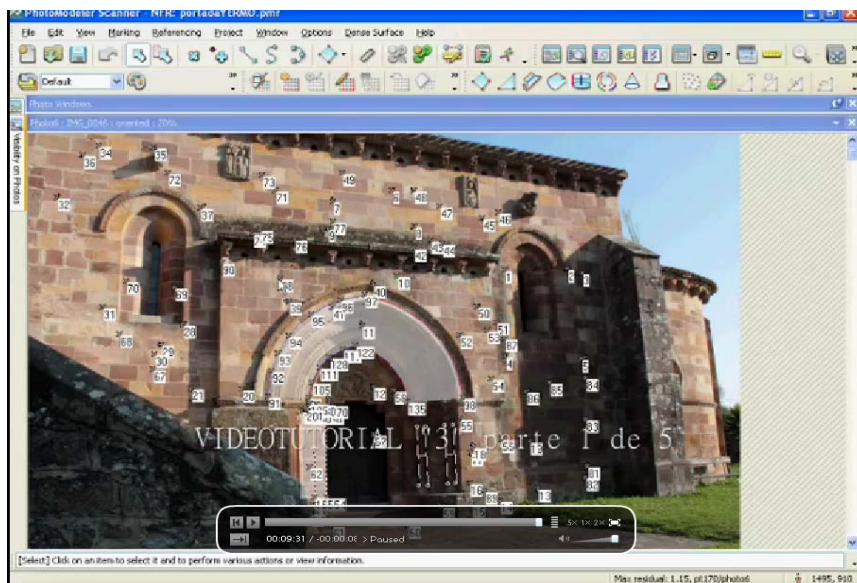
Al efecto distinguiremos entre proyectos automáticos y semiautomáticos basados en puntos, y en ellos analizaremos el proceso de orientación exterior, la evaluación del modelo en forma de DSM (*digital surface model*), y su integración en los entornos de edición gráfica convencionales.

Formación y evaluación automática de los modelos.

La automatización de los proyectos fotogramétricos basados en puntos afecta tanto a la fase de formación del modelo como a la de su evaluación. En el primer caso las técnicas que se han probado con mayor éxito son la correlación a través de matrices de búsqueda, similar a la que se emplea para la formación de panoramas fotográficos, como acabamos de comentar, y la incorporación de dianas codificadas, es decir dianas que se añaden al modelo antes de fotografiarlo y que tienen un diseño específico capaz de ser reconocido por la aplicación fotogramétrica.

La fase de formación es la más delicada desde un punto de vista analítico, puesto que requiere el cálculo de la posición tridimensional y los giros de todas las cámaras del proyecto respecto de un sistema exterior de coordenadas, a partir únicamente de coordenadas imagen. El proceso es ligeramente diferente en cada aplicación informática, aunque todas ellas comparten una mecánica secuencial: trabajando al principio con tres cámaras y después añadiendo una a una las restantes, implementando lo que se conoce como método de alternancia de intersecciones y resecciones espaciales, y procediendo finalmente a una optimización global de todos los datos.

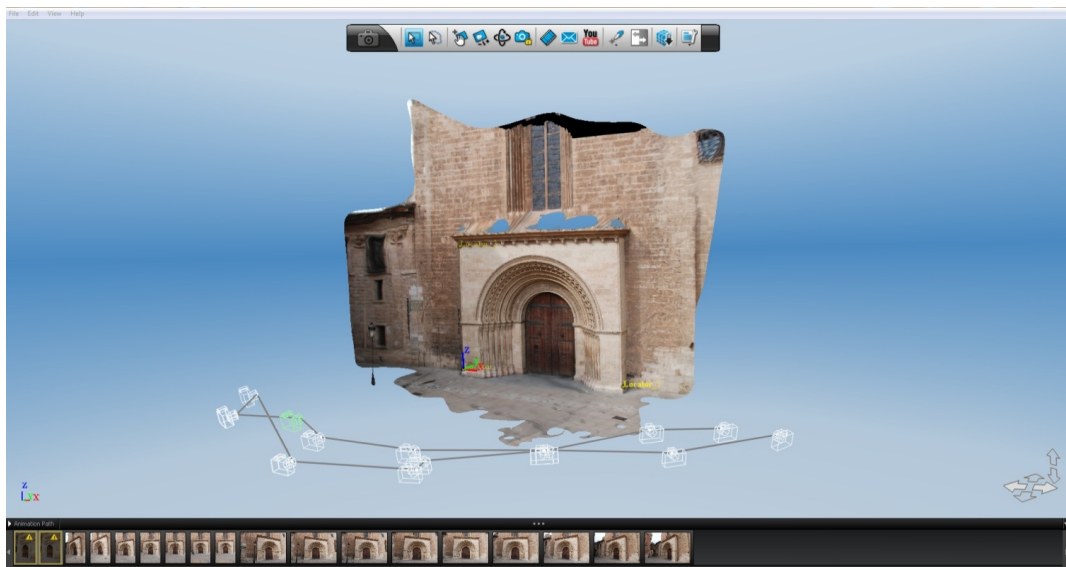




1. Detección automática de dianas codificadas en la fachada de la iglesia de Santa María de Yermo (Cantabria) con la aplicación *PhotoModeler Scanner*. Se emplean como "puntos de orientación" que permiten formar el fotomodelo de manera totalmente automática. www.worldphotogrammetry.com.

La calidad del ajuste final, un dato básico en fotogrametría, se mide con estimadores estadísticos globales (error medio de las coordenadas ajustadas frente a las iniciales), o bien con otros como el *Tightness* que introduce *PhotoModeler*, en base a las coordenadas objeto calculadas desde cada par de cámaras, que tiene la ventaja de proporcionar valores reales para cada punto. Este planteamiento analítico es compartido en líneas generales por todas las aplicaciones informáticas de referencia, como *PhotoModeler* de *Eos Systems*, *ShapeCapture* de *ShapeQuest Inc.* y *Australis* de *PhotoMetrix*. Todas ellas funcionan sin visión en relieve, de modo que no se precisa epipolarizar las tomas convergentes previamente.

Otras aplicaciones más recientes abordan la formación del modelo con una técnica totalmente automática, que funciona a partir de tomas muy solapadas y con una secuencia reconocible, en una aproximación a la video fotogrametría, de modo que resulta posible autocorrelacionar a partir de matrices de búsqueda, sin intervención alguna del operador, en principio. Con tal abundancia de puntos de orientación es posible la autoejecución para la calibración de las cámaras, la orientación del fotomodelo, e incluso la formación del DSM en una única operación, a partir de ajustes globales de estas cantidades ingentes de datos. Algunas de estas aplicaciones trabajan en la nube (*cloud computing*) a través de interfaces GUI (*Graphic User Interface*), lo que aumenta notablemente la operatividad del procedimiento, como *123D Catch* de *Autodesk*, o *VisualSize*. Otras en cambio, como *PhotoModeler Scanner 2011*, incorporan esta técnica automática, pero sin el formato webservice, es decir, sin conexión con servidores externos.



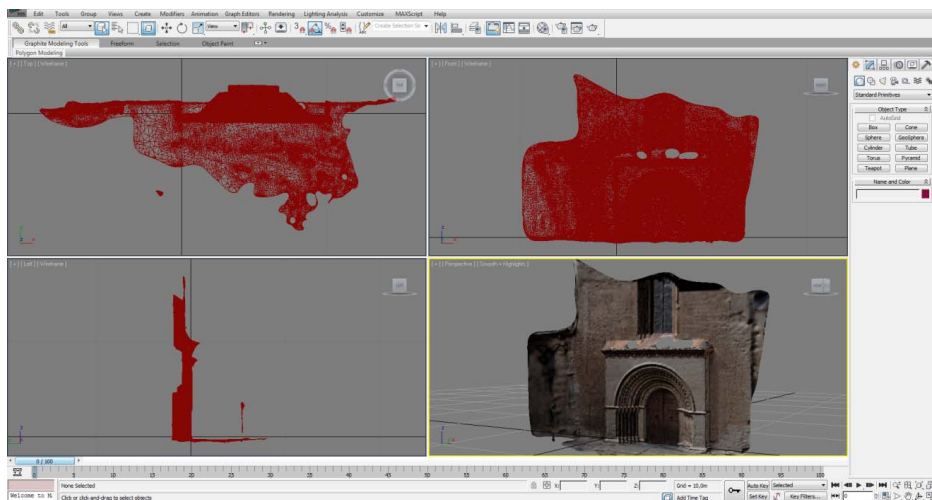
2. Puerta de L'Almoina de la Catedral de Valencia. Formación automatizada de un modelo a partir de fotos muy solapadas y secuenciadas, con la aplicación *123D Catch*. La visualización corresponde a la malla de triángulos texturizada, de modo que la deformación de las zonas periféricas obedece claramente a la falta de datos suficientes en ellas. El DSM se ha obtenido a partir de 16 imágenes y se ha formado con 247.758 facetas, suficientes en principio para su representación a escala 1:100.

En cuanto a la evaluación del modelo, ésta se opera a través de los DSM, formados en una primera fase por nubes de puntos, con un resultado similar al de un escáner laser, que posteriormente se pueden transformar en mallas trianguladas. En los proyectos semiautomatizados la formación de DSM con dianas es posible a partir de una orientación de gran calidad del fotoconjunto (con error global alrededor de 1 pixel y desviación típica de 0,5). Esta técnica la incorporan aplicaciones como *PhotoModeler Scanner*, *Australis* o *Shape Capture*.

Los DSM son generados a partir de la técnica de los fotopares. Al principio se obtienen nubes de puntos a partir de estereopares de fotogramas sensiblemente paralelos y con buen recubrimiento. De esta manera es posible remuestrearlas y epipolarizarlas para que funcione adecuadamente la técnica de autocorrelación, es decir, la obtención precisa del punto correspondiente a uno determinado situado en el otro fotograma del par, y el posterior cálculo de la posición espacial del punto por intersección directa. Los puntos 3D son calculados así de modo automático en toda la secuencia de pares del conjunto. La texturización de las nubes o las mallas de facetas a partir de la información de los fotogramas es igualmente un proceso automático, aunque con diferentes ajustes para mejorar su resultado en las distintas aplicaciones informáticas.

La formación de estos modelos de mapeado denso de edificios supone por tanto una superación del nivel anterior de desarrollo de la técnica fotogramétrica, basado en una operatividad casi totalmente manual, de alcance más limitado, ya que los proyectos de levantamiento ambiciosos requieren cada vez más resultados no solo de tipo métrico, sino también en los ámbitos de texturado real a partir de los DSM, en lo que constituye sin duda una nueva forma de conocer los objetos reales.





3. Los DSM se pueden exportar a aplicaciones estándar de diseño como *AutoCad* o *3D Studio*, obteniendo en ellos proyecciones y secciones 2D y 3D, incluso con mapeado real. En la imagen, el modelo anterior con diversas proyecciones de la malla en *3D Studio*.

Compartiendo y exportando resultados.

Los DSM se editan con aplicaciones como *MeshLab*, *RapidForm* o *PolyWorks*, que en general incorporan herramientas para mejorar su calidad y para la extracción de características útiles. Entre las primeras las hay enfocadas a las nubes de puntos (como el filtrado, eliminando puntos redundantes o racimos aislados), y a las mallas de superficies trianguladas (rellenado de agujeros, normalización de vectores superficie, etc). Las herramientas de extracción permiten, por ejemplo, la creación de polilíneas en forma de curvas de nivel (secciones equidistantes), o la obtención de aristas a partir de cierto umbral entre las direcciones de los vectores normales a triángulos adyacentes, entre otras.

Además de presentar los resultados en forma gráfica a través de proyecciones técnicas convencionales (con valoración lineal) o bien fototexturadas, es interesante la posibilidad de laminar el edificio obteniendo cortes 2D y 3D a partir de un modelo de superficies acabado indistintamente con materiales abstractos o bien con trama real. Así mismo la intersección con el plano cortante se puede tratar como los clásicos curvados de nivel (en general seccionamientos equidistantes con cualquier orientación), o bien fraccionando el modelo en rodajas y desechando la parte no deseada.

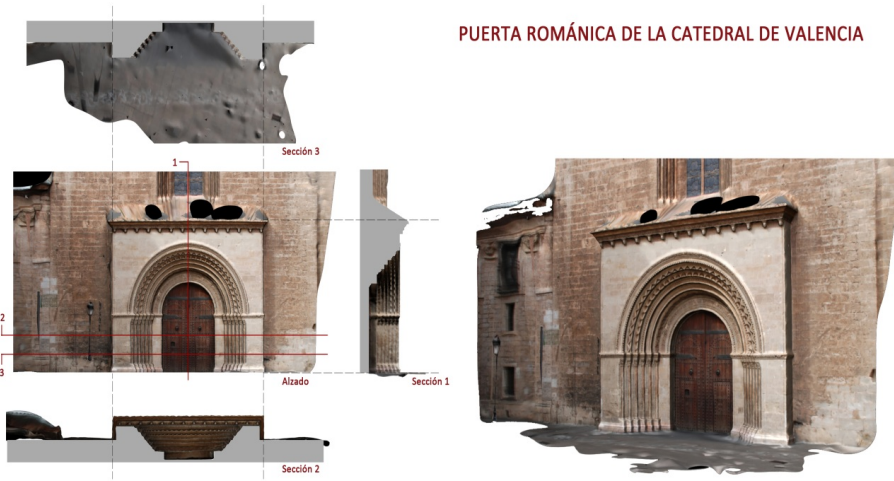
Resulta interesante también la edición en la web de estos fotomodelos de modo dinámico, con formato de video, o incluso con la posibilidad de navegación 3D en entornos abiertos como los estándares VRML. Estas visitas virtuales se pueden compartir además en plataformas abiertas como *Google Earth* a través de los formatos KML/KMZ.

En cualquier caso se debe tener en cuenta que la calidad del resultado se mide ante todo por la adecuación métrica al propósito planteado. Al respecto hay que considerar por un lado la fotoescala del conjunto, que condiciona un umbral de mínima reducción para el DSM, y por tanto la amplitud del proceso de obtención de tomas fotográficas. Igualmente es importante la metodología empleada para la orientación, que debe garantizar un error máximo en los puntos calculados, independientemente del nivel de autoejecución del proyecto. En definitiva, la fiabilidad métrica está íntimamente ligada a la adecuación de los procesos de levantamiento y orientación, de modo que una mayor calidad siempre requiere una metodología más cuidadosa y laboriosa.

Conclusiones

La utilización de estas técnicas automáticas en el levantamiento de inmuebles permite obtener una gran cantidad de información 3D procesada de forma correcta, sin errores accidentales, rápida y fiable. Los resultados en forma de DSM eran hasta hace bien poco inabordables, e inauguran una nueva manera de conocer la realidad arquitectónica digitalizada, totalmente diferente a las interpretaciones geométricas clásicas en base a elementos lineales o superficiales.

PUERTA ROMÁNICA DE LA CATEDRAL DE VALENCIA



4. Representaciones clásicas (planta, alzado y secciones) del modelo anterior.

Esta evolución de la fotogrametría *close-range* asegura buenos resultados compatibles con planteamientos de bajo coste, y se implementa con instrumentos como las cámaras semiprofesionales, más accesibles y versátiles en su utilización que los escáner laser. En consecuencia, estas técnicas resultan particularmente adecuadas para motivos arquitectónicos de rango medio, aunque las herramientas de edición permiten fácilmente la adición de diferentes fotomodelos, completando así escenarios más amplios. Los DSM proporcionan una respuesta fiable para el análisis métrico, o de cualquier otro orden, pero también para la previsión de resultados en las intervenciones sobre el patrimonio edilicio, por la buena respuesta del binomio interpretación geométrica del modelo / nivel de detalle adecuado al objetivo del proyecto fotogramétrico, en todos los casos.

Referencias bibliográficas

Cueli J.T., 2011, *Fotogrametría Práctica*, Santander: Ediciones Tanfin.

García-León J., Felicísimo A. M., Martínez J. J., 2003, First experiments with convergent multi-images photogrammetry with automatic correlation applied to differential rectification of architectural façades. *ISPRS Archives*, Volume XXXIV-6/W12, pp. 1-6.

Liebowitz, D., Criminisi, A., Zisserman, A., 2004, Creating Architectural Models from Images, *Computing Graphics Forum* no. 18-3, pp. 39-50.

Remondino F., El-Hakim S., 2006, Image-based 3D Modelling: A review, *The Photogrammetric Record*, no. 21(115) pp. 269-291.

Tarini, A., Cignoni P., Rocchini C., Scopigno R., 2000, Computer assisted reconstruction of buildings from photographic data, *Vision, Modeling and Visualization, Conference Proceedings, Saarbrücken, DE*, pp. 213-220.



LEVANTAMIENTO DE UN EDIFICIO MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL PROBLEMA DE LA GALERÍA DE ARTE

Elena CABRERA REVUELTA
Borja MOLERO ALONSO
José Antonio BARRERA VERA
María José CHÁVEZ DE DIEGO

Universidad de Sevilla
Departamento: Ingeniería Gráfica. Expresión Gráfica Arquitectónica

Resumen/Abstract

Currently, the graphical representation of our surroundings has got a great importance. In a few years there has been a breakthrough in the technology for image acquisition.

In the same way that progress has been made in this regard, an investigation has been started in order to propose improvements in the procedures used by industry professionals topographical through the application of some optimization techniques based on mathematical techniques (Lighting System Problems) in order to find what is the minimum number of points of view from which a person will be able to obtain a complete sight of a building from the outside of it. This would avoid to waste time in unnecessary views of the survey, to increase the efficiency of the work and avoid wasting time.

Once a methodology has been designed to minimize the number of positions, it has been put into action in a real building.

INTRODUCCIÓN

La idea de la presente investigación surge al observar cómo se procede a realizar un levantamiento arquitectónico de cualquier edificio. El realizar un estacionamiento requiere emplear un tiempo considerable; es por ello, que sería de gran utilidad conocer de antemano cuáles son los puntos clave en los que se tendrían que estacionar, para así realizar este proceso el mínimo número de veces posible, obteniendo así un resultado óptimo. [Cabrera, 2010]

También se ha de tener en cuenta el hecho de que conocer previamente cuántos estacionamientos se van a realizar, permite estimar el tiempo que se va a emplear en completar el trabajo de campo, e incluso, dar un presupuesto ajustado.

La investigación que se presenta trata de un trabajo de frontera entre dos áreas de conocimiento distintas: la Matemática Aplicada y la Ingeniería Gráfica. Es por ello que se en la presente comunicación se hará más hincapié en los conceptos matemáticos, al ser los más desconocidos en nuestro campo.

Los Problemas de Optimización se solucionan mediante Técnicas de Optimización Combinatorias, y entre los distintos tipos de problemas, esta investigación se centra en los denominados Problemas de Iluminación. Pueden servir como referencia las siguientes situaciones que ponen de manifiesto la utilidad de la optimización combinatoria en problemas que se plantean en la vida cotidiana: colocación de luminarias, de sensores de movimiento, de sensores de humos o cámaras de seguridad... Todas ellas encuentran solución con las técnicas de optimización que se quiere aplicar a nuestra problemática.

Problemas de iluminación.

Hoy en día las salas de los nuevos museos no tienen, en general, formas regulares en sus plantas, lo que da lugar a interesantes problemas de iluminación. La irregularidad obliga a realizar un estudio para economizar el gasto en luminaria. Así se plantea el problema de minimizar el número de luces que son necesarias para iluminar cualquier sala.

La cuestión fue planteada por V. Klee en 1973 [Hernández, 2001, p.2] de esta forma: *Determinar el mínimo número de puntos de un polígono suficientes para ver a todos los restantes.*

Se puede interpretar también en términos de vigilancia de una sala poligonal: ¿Cuántos guardias (o cámaras de vigilancia que cubran 360°) son suficientes para vigilar el interior de un polígono de n lados?

La respuesta a este problema fue obtenida por Chvátal en 1975 [Morales, 2006, p.1], quien demostró que guardias siempre son suficientes.

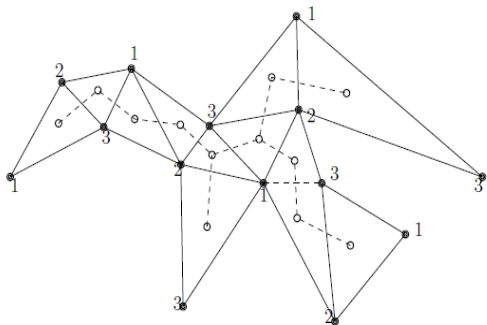


Fig.1: Polígono triangulado, 3-coloreado y su grafo dual. 2006. Morales.

En la Figura 1, puede apreciarse un polígono irregular cuyo interior se ha triangulado. Los vértices de cada triángulo se han coloreado (en este caso, se han numerado) de forma que dos vértices contiguos no posean la misma numeración. Es posible colorear los vértices de los triángulos con tan solo tres colores, esto es lo que se denomina Tricolorear los vértices del polígono. Así pues, si se colocan guardias en los vértices que comparta la misma numeración, se asegura la completa vigilancia del polígono, ya que cada triángulo tendrá un vértice del color elegido.

El problema anteriormente descrito fue el primero que se planteó, dando paso a casos particulares que también fueron obteniendo resultado. Entre ellos, se pueden enumerar:

- Vigilancia de polígonos con hoyos en su interior: polígonos que en su interior presenta algún tipo de obstáculo, como puede ser algún pilar u otro elemento que dificulte la visibilidad.
- Vigilancia de polígonos ortogonales: estos polígonos presentan la propiedad de que pueden cuadricularizar, en lugar de triangular.
- Vigilancia del interior y del exterior de un polígono (Problema de la Prisión): se pretende vigilar el exterior de un polígono, a la vez que el interior del mismo.
- Vigilancia del exterior de un polígono (Problema de la Fortaleza): este problema trata de vigilar el exterior de un polígono desde el contorno mismo.

OBJETIVOS

Como ya se ha comentado anteriormente, el objetivo principal de la investigación es el de encontrar una metodología que se llevará a cabo como un trabajo previo al trabajo de campo de topografía, con el fin de minimizar el número de posicionamientos en la realización de un levantamiento topográfico.

Esta minimización del número de posicionamientos en puntos de lectura trae consigo una reducción del tiempo a emplear en el trabajo de campo. Esta metodología puede ser puesta en práctica por cualquier persona, sin importar que se posea o no una gran experiencia realizando esta labor, así, el profesional se asegurará de que se obtendrá un buen resultado.

Por otro lado, los objetivos concretos de esta comunicación son los siguientes:

- Introducir al lector en los problemas de Iluminación.
- Señalar los distintos problemas que se han ido encontrando a lo largo de los años con respecto a la optimización en cuanto a la vigilancia de un objeto.
- Estudiar la técnica que más se adapta al problema que nos encontramos en el campo de la Topografía.



- Mostrar la metodología que se puede llevar a cabo para realizar un estudio previo al trabajo de campo de un levantamiento arquitectónico.
- Aplicar la metodología a un edificio real, y realizar el levantamiento del mismo.

CONTENIDO

1. Problemas de iluminación

1.1 Problema de la Galería de Arte.

El primer problema de Iluminación que se plantea, es el denominado Problema de la Galería de Arte, como ya se ha expuesto anteriormente. Este problema fue resuelto de la forma que se explica a continuación.

Teorema de Chvátal [Morales, 2006, p.14]: $\lfloor \frac{n}{3} \rfloor$ guardias son suficientes y ocasionalmente necesarios para vigilar el interior de cualquier galería de arte con n vértices.

Algoritmo [Morales, 2006, pp.16-17]

- Entrada: Polígono P
 - Salida: Posiciones de los guardias del tal forma que vigilen todo P
1. Triangular P
 2. Asignamos una 3-coloración a los vértices de T
 3. Colocar un guardia en cada elemento de la clase cromática de menor cardinalidad.

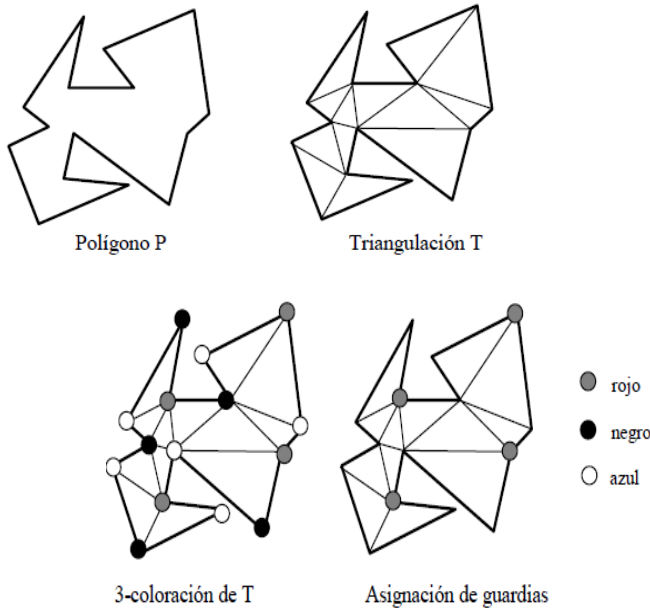


Fig.2: Algoritmo de la Galería de Arte. 2006. Morales.

1.2 Variantes del Problema de la Galería de arte.

Más adelante, se plantean otros tipos de problemas, como el de vigilar polígonos con hoyos. Si una galería contiene obstáculos en su interior (pilares, tabiques...), se trata de un polígono con hoyos. Se demuestra que $\lfloor \frac{n+h}{3} \rfloor$ guardias en puntos son suficientes para vigilar cualquier galería de arte con h hoyos [Morales, 2006, p.17].

Por otro lado, se plantea el Problema de Hadwiger ¿Cuántos reflectores se necesitan para iluminar el contorno exterior de una figura plana, compacta, convexa y de borde liso? Boltjansky probó en 1960 que tres reflectores son siempre suficientes. [Hernández, 2001, p.1]

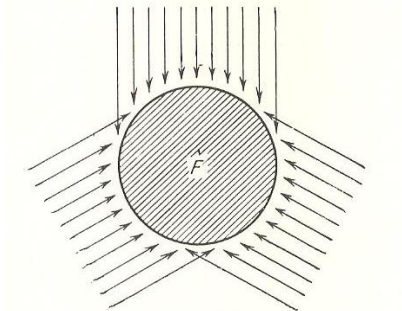


Fig.3: Direcciones necesarias para iluminar a un cuerpo convexo. 1985. Boltjansky y Gohberg.

También se realiza un estudio de los polígonos ortogonales. Estos son aquellos cuyos lados forman siempre ángulos interiores de 90° o 270° . Se demuestra que cualquier polígono ortogonal con n vértices puede vigilarse con a lo más $\lfloor \frac{n}{4} \rfloor$ guardias [Morales, 2006, p.41]. (Figura 4)

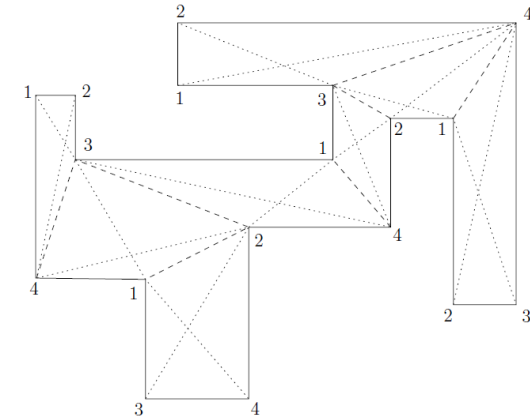


Fig.4: Polígono ortogonal cuadrilateralizado. 2006. Morales

Más adelante, se plantea el problema de vigilar una prisión, tanto su exterior como su interior. ¿Cuántos guardias son suficientes para vigilar simultáneamente el interior de un polígono ortogonal simple? Se demuestra que $\lfloor \frac{n}{4} + 2 \rfloor$ guardias en los vértices son suficientes para proteger el interior y exterior de un polígono ortogonal simple con n vértices. [Hoffman y Kriegel, 1996]



1.3 Problema de la fortaleza.

El problema de la fortaleza estudia la vigilancia del exterior de un polígono, obteniendo un número suficiente de guardias para conseguirlo. Toma este nombre por la aplicación a una ciudad fortificada o amurallada que se vigila por todos sus lados para evitar ser invadida. Se plantea del siguiente modo:

¿Cuántos guardias se necesitan para ver el exterior de un polígono de n vértices? Para resolverlo se analizan las posibilidades de colocación de guardias en los vértices del polígono [Dominguez, 2011, p.21]

Algoritmo: [Urrutia, 2004]

• Paso 1: *Cierre convexo*

Encontrar el cierre convexo del polígono P .

• Paso 2: *Triangulación*

Triangular la porción del plano que se encuentra dentro del cierre convexo, pero es exterior a P . En otras palabras, triangular los bolsillos de P . Se le llama al grafo resultante G'' . Se compone de n vértices correspondientes a los n vértices de P .

• Paso 3: *Añadir vértice exterior*

Añadir un vértice llamado V_0 fuera del contorno convexo de P y hacerlo adyacente a todos los vértices del contorno (es decir, la construcción de unas aristas entre V_0 y todos los vértices del cierre convexo). Este nuevo grafo compuesto de $[n + 1]$ vértices se llama G' .

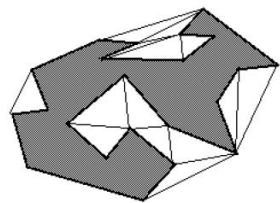
• Paso 4: *División de un vértice y aristas*

Elegir uno de los vértices del cierre convexo, por ejemplo x , y dividirlo en dos vértices x' y x'' . Asignar la antigua arista $x-V_0$ a uno de ellos y crear una nueva arista desde el otro vértice a fin de que x' y x'' sean adyacentes a V_0 . Este nuevo grafo compuesto de $[n + 2]$ vértices se llama G . Ahora, el interior de P se convierte en el exterior de G . Se dice que G es el grafo de la triangulación de un polígono. Esto puede entenderse como "abrir" el cierre convexo en x' y x'' . A continuación, se mueve V_0 lo suficientemente a la izquierda para ver que todas sus conexiones se convierten en líneas rectas.

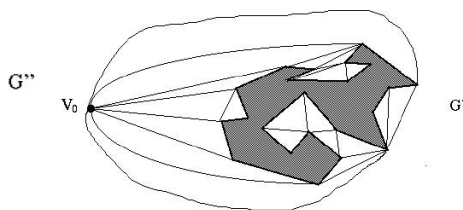
• Paso 5: *3-coloración y asignación de guardias*

Puesto que G es un grafo de triangulación de un polígono, puede ser 3-coloreable. El color utilizado con menor frecuencia, por ejemplo el azul, no se produce más de $\lfloor \frac{n+2}{3} \rfloor$ veces.

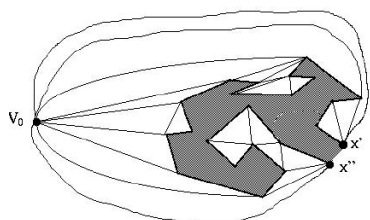
Si V_0 no es de color azul (como en la Figura 5), entonces la colocación de los guardias en los vértices azules cubre el exterior del polígono original P . Esto se hace con menos de $\lfloor \frac{n}{3} \rfloor$ guardias en vértices, ya que $\lfloor \frac{n+2}{3} \rfloor$ siempre es más pequeño que $\lfloor \frac{n}{3} \rfloor$.



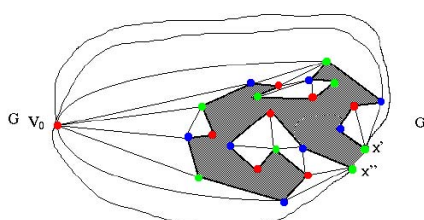
Paso 1 y 2: Cierre convexo y triangulación.



Paso 3: Añadir V_0 , vértice exterior.



Paso 4: División del vértice x .



Paso 5: 3-coloreación y asignación de guardias

Fig.5: Pasos para la colocación de guardias en vértices en vigilancia exterior. 2011. Domínguez

2. Metodología a partir del problema de la fortaleza

Tras analizar los distintos problemas de iluminación, y estudiar cuáles son aquellos que más se adaptan a solucionar el problema que se presenta al realizar un levantamiento de un edificio, se llega a la conclusión de que el más similar es el que se ha expuesto por último: El Problema de la Fortaleza.

Sin embargo, hay que tener en cuenta una diferencia: el Problema de la Fortaleza trata de vigilar el exterior de un edificio desde el contorno del mismo, y para realizar un levantamiento se pretende vigilar el contorno de un edificio desde el exterior del mismo.

En principio, vamos a centrarnos en edificios cuya planta sea ortogonal.

Paso 1. Realizar el cierre convexo del polígono P

Paso 2. Triangular las bolsas

En este caso las bolsas ya son de forma triangular.

Paso 3. Añadir un vértice exterior y unir a los vértices que pertenecen al cierre convexo del polígono, tricoloreando los vértices. Se omite el paso de dividir un vértice en dos.

Paso 4. Elegir uno de los colores que pertenezca a los vértices del cierre convexo del polígono. No se elegirá el color que coincida con el vértice externo al polígono, ya que, al no pertenecer al mismo y estar colocado en un lugar aleatorio, no se asegura que se cubra la vigilancia del exterior desde ese punto. Por eso, el color que se elige será siempre aquellos que estén en el cierre del polígono, que nunca coincidirá con el color del vértice añadido, ya que están unidos por una arista.



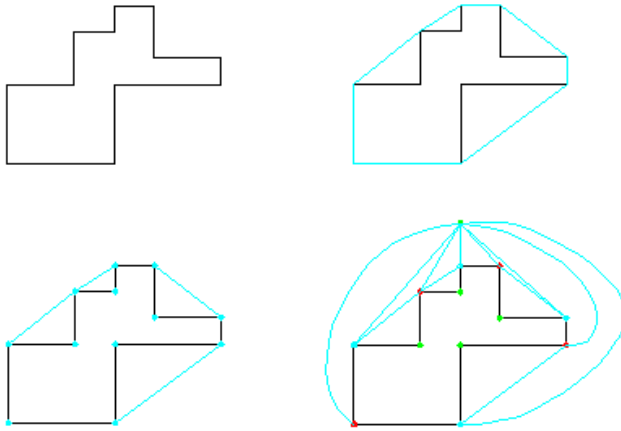


Fig.6: Triangulación exterior de polígono ortogonal. 2012. La Autora

Tal y como se ha comentado anteriormente, el Problema de la Fortaleza trata de vigilar el exterior de un polígono desde los vértices del mismo. Si se colocaran cámaras de seguridad que cubrieran 360 grados, podríamos vigilar tanto el entorno como el contorno exterior del edificio. Sin embargo, no es posible realizar un estacionamiento en un vértice de un edificio... En ese sentido, habrá que delimitar el área dentro de la cual se puede desplazar ese vértice para que no pierda la vigilancia de los lados del triángulo que vigila, es decir, se procede a delimitar el área dentro de la cual se puede trasladar el punto de estacionamiento sin perder la visibilidad de las áreas de los triángulos anexos a ese vértice.

En la mayoría de los casos, la cardinalidad de los vértices que pertenecen al cierre convexo va a ser, sino la misma, muy similar. Es por ello que se deben estudiar ambas soluciones, y elegir la que mejor convenga.

A continuación, se procede al estudio de las áreas de visibilidad, en primer lugar, a partir de los vértices de color Rojo, y seguidamente, a partir de los de color Azul.

4.1 Rojo.

Áreas de visibilidad

El estacionamiento se podrá realizar dentro del área que quede delimitada por la continuación de las aristas que convergen en el punto que se esté estudiando. De esta forma, se observa que el resultado es cuatro estacionamientos.

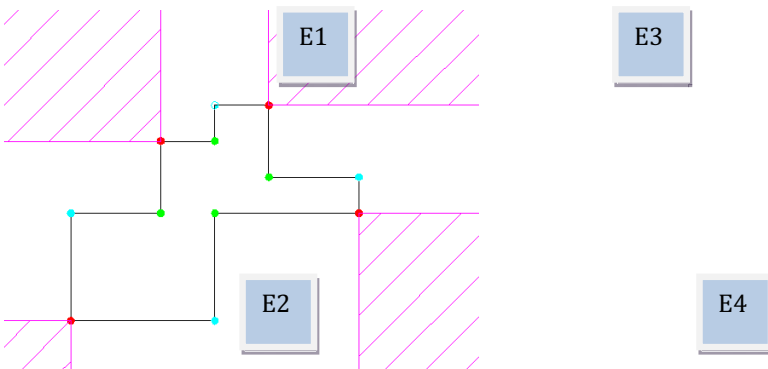


Fig.7: Regiones de visibilidad y número de estacionamientos. 2012. La Autora.

4.2 Azul

Al realizar el mismo procedimiento con los vértices de color azul, se comprueba que bastaría con realizar 3 estacionamientos, ya que las áreas de visibilidad del estacionamiento 1 y del estacionamiento 2 se solapan.

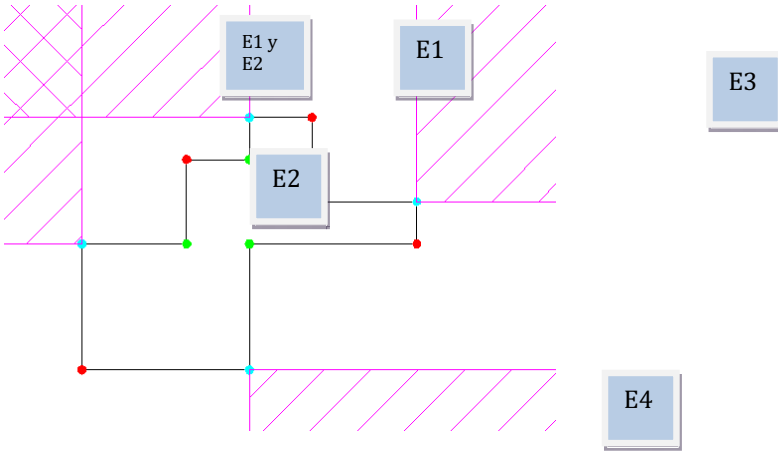


Fig.8: Regiones de visibilidad y número de estacionamientos. 2012. La Autora.

Es importante tener en cuenta el entorno que rodea al edificio, ya que las áreas de visibilidad podrán extenderse más o menos dependiendo de los obstáculos que se puedan dar. También se ha de tener en cuenta que las áreas de visibilidad deben ser regiones convexas.

2.1 Caso particular

Con edificios que presentan recovecos habrá que proceder de otra forma.

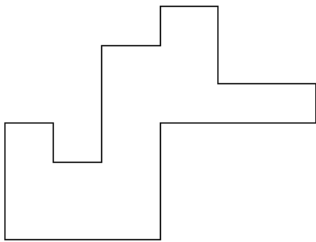


Fig. 9: Planta de edificio ortogonal que presenta recoveco. 2012. La Autora.

Paso 1. Realizar el cierre convexo del polígono

Paso 2. Triangular las bolsas



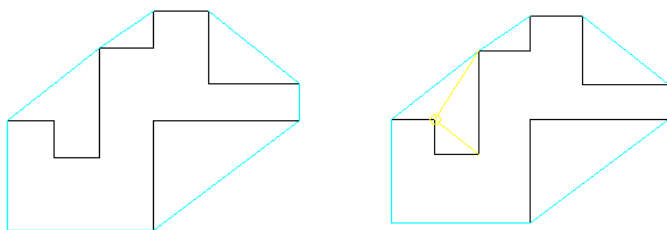


Fig. 10: Cierre convexo y triangulación de las bolsas. 2012. La Autora.

Paso 3. Añadir un vértice exterior y unir a los vértices que pertenecen al cierre convexo del polígono, tricolorando los vértices.

608

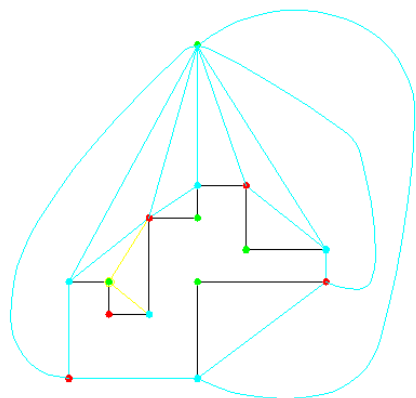


Fig. 11: Triangulación exterior de polígono ortogonal. 2012. La Autora.

Paso 4. Definir el área de visibilidad perteneciente a la parte no convexa (recoveco) del polígono.

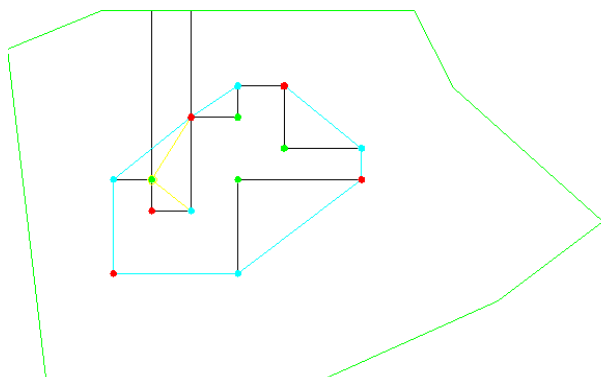


Fig. 12: Región de visibilidad de recoveco. 2012. La Autora.

Paso 5. Elegir uno de los colores que pertenezca a los vértices del cierre convexo del polígono. A continuación, dado que no se puede utilizar un vértice como lugar de estacionamiento, se procede a delimitar el área dentro de la cual se puede trasladar el punto de estacionamiento sin perder la visibilidad de las áreas de los triángulos anexos a ese vértice.

En este caso, cuando se tengan las áreas de visibilidad que pisen con áreas de visibilidad definidas en el paso 4 (las pertenecientes a los recovecos) sólo utilizaremos aquella parte que solape con ella.

5.1 Rojo

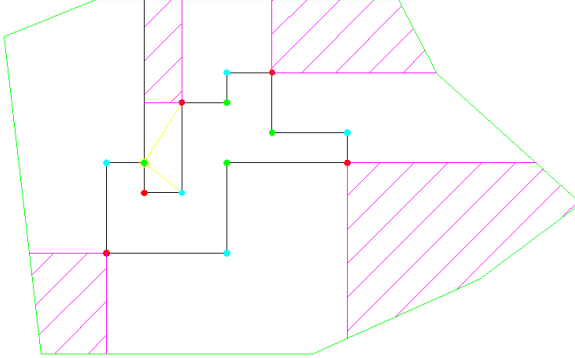


Fig. 13: Áreas de visibilidad. 2012. La Autora.

5.2 Azul

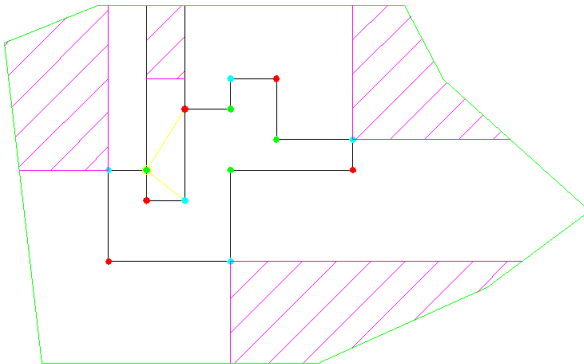


Fig. 14: Áreas de visibilidad. 2012. La Autora.

En ambos caso, el resultado ha sido el mismo número de estacionamientos: cuatro.

Llevando a cabo esta metodología previa al trabajo de campo, se consigue no sólo calcular el número de estacionamientos que van a ser suficientes para dar solución al problema de realizar el levantamiento de un edificio, sino que también se logra conocer el lugar en el que se va a realizar cada uno de los posicionamientos, dando un margen bastante amplio.

No se puede dejar de dar importancia al croquis previo a partir del cual se realizará este estudio, ya que éste debe incluir con la mayor precisión posible, los obstáculos que pueden presentarse en la visibilidad. Es fundamental el comprobar, una vez en campo, que al realizar un estacionamiento, haya completa visibilidad de las partes del edificio que se ha fijado en el trabajo previo.



CONCLUSIONES

La metodología expuesta anteriormente logra dar un número suficiente, pero no tiene porqué ser el mínimo número de estacionamientos, que dan solución al problema de levantar un edificio.

Tras este estudio, la metodología diseñada se ha puesto en práctica en un edificio real que se encuentra situado en el Campus Universitario de Reina Mercedes en Sevilla, cuyo croquis es que se puede ver en la Figura 14.

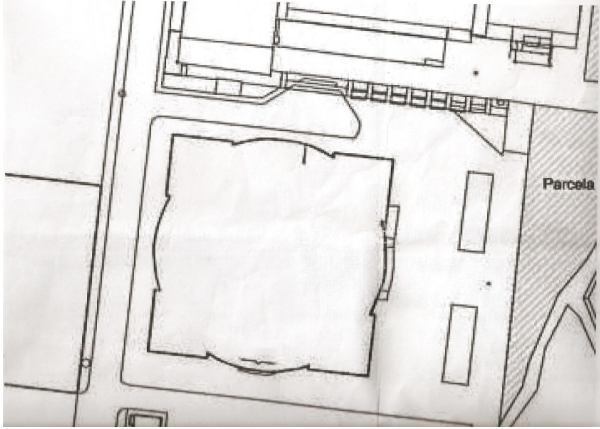


Fig. 15: Croquis del edificio a levantar. 2012. Aguilar y Granado.

A partir del croquis realizado, se procede a aplicar la metodología anteriormente explicada (Figura 16).

610

Paso 1. Se realiza el cierre convexo de la figura.

Paso 2. Se Añade un vértice exterior, el cual sería de color verde (se omite en la imagen), tricoloreando los vértices del polígono de la planta de la figura, dando colores alternos (azul y rojo) a los que pertenecen al cierre convexo del mismo.

Paso 3. Se estudian las áreas de visibilidad de los vértices perteneciente al cierre convexo. El número de estacionamientos es 8, para el color azul. Sin embargo, eligiendo las áreas de visibilidad de los vértices de color rojo, éstas se solapan de dos en dos. Por lo tanto, realizando los estacionamientos en cuatro posiciones, obtenemos una visión completa del edificio. Estos cuatro estacionamientos deben estar situados frontalmente a cada una de las fachadas.

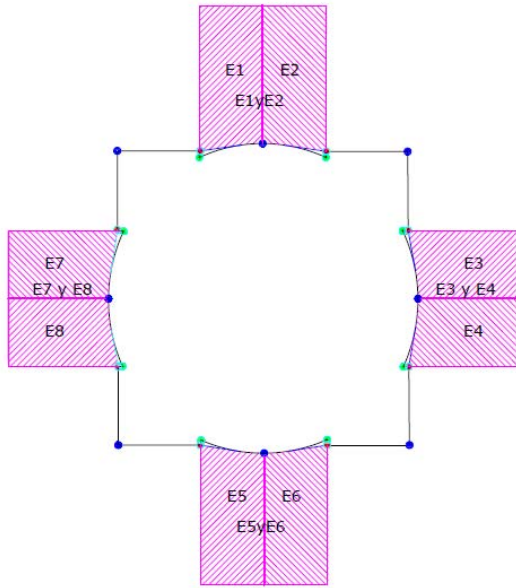


Fig. 16: Aplicación de la metodología sobre el edificio a levantar. 2012. La Autora.

Una vez realizado este trabajo previo, se procede a realizar el levantamiento. La máquina que se utiliza es una estación total Leica FlexLine TS02. Se realiza una lectura de los puntos de la fachada mediante distanciómetro Láser de 30 metros de alcance.

Tras conocer los puntos desde los que va a realizarse la lectura, observamos que no se impone la necesidad de que exista visibilidad entre un punto de estacionamiento y el consecutivo. Es decir, no se trata de realizar un levantamiento mediante un itinerario cerrado, sino de un levantamiento con estacionamiento libre y enlace indirecto.

La forma en la que se procede es la siguiente:

1. Se realiza el primer estacionamiento desde la Base 1 (B1) a la cual se le asigna las coordenadas 1000, 1000, 100.
2. Se procede a realizar la lectura de aquellos puntos de la fachada que delimitan el contorno de la misma. Esta lectura se realiza con distanciómetro láser.
3. Se establecen tres puntos, que son llamados bases, por cada estacionamiento. Estas bases servirán como enlace entre un punto de lectura y el siguiente. Estos tres puntos, serán puntos visibles desde una base de lectura y la consecutiva, y formarán el triángulo lo más amplio que sea posible. Así pues, conoceremos las coordenadas de los puntos de estacionamiento a partir de haber dado coordenadas solamente al primer punto. Para realizar la lectura de estos puntos, se utiliza lectura con prisma.
4. Una vez tomados los datos necesarios, se procede a la descarga de los puntos leídos a nuestro equipo a través de una memoria USB.
5. A través el software Autocad se puede trabajar con la nube de puntos y realizar el plano del edificio.

En la imagen se puede observar el croquis realizado en campo para establecer las bases de posicionamiento y las bases de enlace.



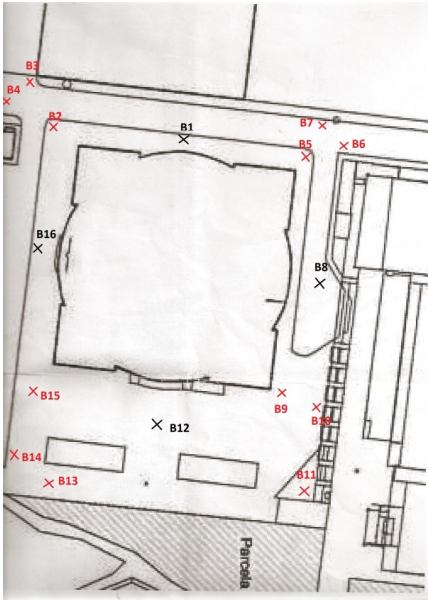


Fig. 17: Croquis con las bases que se han utilizado para el levantamiento, 2012. La Autora.

Conclusiones finales:

- Se demuestra a través del trabajo realizado que es posible aplicar técnicas de optimización combinatoria al problema que se plantea al realizar el levantamiento de un edificio.
- Realizando este estudio previo, se reduce el tiempo a emplear en trabajo de campo, evitando el tener que volver al lugar donde se encuentre situado el edificio al detectar que faltan datos una vez se esté realizando el trabajo de Gabinete.
- Esta metodología debe mejorarse y ampliarse para distintos tipos de edificios que presenten características singulares en su geometría.
- También se pretende ampliar la investigación para lograr realizar levantamientos en fachada, no sólo planimétricos. La dificultad con la que nos encontramos al intentar hacer frente a este problema es la restricción en cuanto al alcance del distanciómetro láser.

Referencias bibliográficas

- Aguilar Camacho, J. y Granado Castro, G. "Cuadernillo de prácticas de Topografía y Replanteos". Universidad de Sevilla. 2012.
- Almagro Gorbea, A. "Levantamiento Arquitectónico", Universidad de Granada, Granada 2004.
- Barrera Vera, J.A. Tesis Doctoral "Aplicación de tecnologías innovadoras en la documentación geométrica del Patrimonio Arquitectónico y Arqueológico". Universidad de Sevilla (Lectura y defensa en 2007).
- Cabrera Revuelta, E. Trabajo Final de Máster "Optimización en el Posicionamiento de Estaciones Topográficas en Levantamiento de Edificios". Universidad de Sevilla (Lectura y defensa en 2010).
- Domínguez Durán, I. Trabajo Final de Máster "Optimización de estacionamientos en levantamientos arquitectónicos de exteriores". Universidad de Sevilla (Lectura y defensa en 2011)
- Hernández Peñalver, G. "Iluminación y Vigilancia en Galerías de Arte". Facultad de Informática. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid 2001.
- Hoffman, F. y Kriegel, K. (1996). "A graph-coloring result and its consequences for polygonguarding problems". SIAM Journal. Discrete Math, 9(2):210–224.
- Jiménez Martín, A. y Pinto Puerto, F. "Levantamiento y Análisis de Edificios. Tradición y Futuro", Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones, Sevilla 2003.
- Morales Ponce, O. Tesis Doctoral. "Vigilando Poliedros Ortogonales 3D". Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F (Lectura y defensa en 2006).
- Urrutia, J. "Art Gallery and Illumination Problems", Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F 2004.



SURVEY FOR THE DOCUMENTATION OF AN HERITAGE OF STRATEGIC IMPORTANCE FOR THE STORY OF MANKIND: THE CASES OF THE CONVENT OF THE BEATITUDES IN TABGHA AND OF THE SYNAGOGUE OF CAPHARNAUM (ISRAEL).

Cesare CUNDARI*
Mariella LA MANTIA*
Giovanna CRESCIANI*
Gian Carlo CUNDARI**
Gian Maria BAGORDO*
Dominador BAUTISTA*

* Sapienza Università di Roma.

Dipartimento di Storia, Disegno, Restauro dell'Architettura.

** Università di Roma Tor Vergata. Dipartimento di Ingegneria Civile.

Durante el transcurso de una misión (coordinado por C. Cundari) organizó en el marco de un acuerdo de cooperación con el Proyecto de Magdala (dirigida por el padre Stefano De Luca y patrocinado por el Estudio Bíblico Franciscano - Facultad de Ciencias Bíblicas y Arqueología en Jerusalén, Israel) con respecto a la encuesta y la documentación de la antigua ciudad de Magdala, el tema de las excavaciones arqueológicas, también fueron visitados y documentados los principales sitios evangélicos ubicados en las orillas del lago Tiberíades (Tiberías, Cafarnaum, Tabgha, el Monte de las Bienaventuranzas); se distinguen por caracteres diferentes y lo que era necesario adaptar las estrategias de negocios para capturar datos sobre las características del sitio ciasun. En esta comunicación se describen dos casos de el convento de las Bienaventuranzas, Tabgha y a sinagoga de Capernaum, muy diferente a ellos en términos de conserva casi la ruina de la primera (de difícil acceso y situado en una colina), el resultado de una reconstrucción más aproximar la segunda.

The convent of the Beatitudes in Tabgha

The hill, which still keeps the partial remains of an ancient convent, is linked to a major biblical event (the Sermon of the Beatitudes); the excavations conducted in 1935 by the Franciscan Bellarmine Bagatti unearthed the remains of a chapel with a mosaic floor, with some parts annexed from the end of 14th century which show traces of pre-existing mosaic. It is possible that the chapel was close to small monastery environments, as other survivors walls on the site could suggest.

Today the environment is profoundly altered, and the construction of a road at the foot of the hill led to a sharp reduction in the area affected by the ancient church, which has partly compromised the preservation, and makes it very difficult to access.

Probably the rough morphology of the site has affected the small size of the chapel that, from what can be seen from the visible remains, was single nave and measured roughly m. 7.00x4.50. To date, the chapel is readable, in essence, only in the floor plan of the room and the small rectangular apse; towards the mountain, the walls of a room quadrilateral in communication with the chamber of the chapel are still partially retained. At the bottom of the site, two wall elements - almost to configure elements on the side of an entry portal - exit from the site near the road.

The detections were strongly influenced by the uneven shape of the site; it was impossible to design and preliminary plan the measurement. Meanwhile it looks forward to the realization of excavation properly conducted and aimed at verifying the existence of other wall paths that allow to formulate a hypothesis about the probable breakdown of the ancient religious complex, it was considered appropriate, in the case, to proceed to a widespread photographic documentation with digital camera and to the realization of a number of electronic scans through which the affected area is covered all over; used laser scanner (Leica C10) has also allowed, for each scan station, to make a 360° photographic documentation. Physical references that would have been recognizable in the scans and photographs were identified on the site, albeit with difficulty, in order to promote the union of the point clouds resulting from electronic scans. Not having the chance to make topographic measurements, direct measurements between pairs of the same evidence used as references were acquired, making sure that the directions of the measurements were significantly different, in order to have elements of verification metrics for the evaluation of the resulting cloud union of the various electronic records.

On this occasion we present partial results of the calculations in progress; we reserve the presentation of final results at the Convention (figs.1, 2, 3).

The synagogue of Capernaum

The actual Capernaum is known worldwide for being the place where it was rediscovered the House of Peter and the Synagogue is visible; this, according to archaeological studies carried out, is not the synagogue that was visited by Jesus but dates from the fourth century AC; ruins of the former were found under his churchyard and adjacent areas.

The synagogue, in conditions in which it appears, is the result of a long reconstructive activities initiated by G. Orfali in 1922-25 and continued by V. C. Corbo since 1976; the second, also a Franciscan father, who dedicated

his life to studying the Biblical site and to excavation activities, who died in 1991, had the honor of being buried in the nearby House of Peter. The activities of Father Corbo were continued in time by other Franciscan fathers who preside over the preservation of ancient biblical sites in ancient Galilee.

The synagogue, as we see it today, of course reveals its reconstructive origins; under careful observation the numerous discrepancies between the elements used are clearly visible, while we can't deny the importance of the work made in favor of preserving the memory of events that however have contributed to the history of mankind.

In the mission cited above, it was considered appropriate to make a photographic record of the building together with the electronic recording of its main parts, in view of subsequent critical examination (figs. 4, 5, 6, 7, 8) .

The most singular fact, and the most important from a historical and scientific point of view, however, is that in the area adjacent to the Synagogue, are neatly kept hundreds of different architectural elements of outstanding invoices and interest; they have come to light by excavations over the last century, and are waiting for a systematic study to allow for a possible re-use or at least a virtual reconstruction. Again, in the circumstances of the Mission to Magdala, the formation of a digital archive of this large fortune has initiated; on the basis of the archive in the making, it is expected to proceed with the construction of digital models. It's inevitable, at the same time, to consider how much the declarations and conventions adopted at international level, are after all immaterial to the effective conservation of cultural heritage. We are not very likely far from the truth if we say that even in the singular case of emergencies existing in Capernaum - important not only for the archaeological value - there is still no systematic documentation suitable for a communication; all this is even more regrettable today considering the possibilities of documentation, reporting and disclosure that modern technologies allow.



Fig 1. The Synagogue of Capernaum (Israel).





Fig 2. The Synagogue of Capharnaum (Israel).

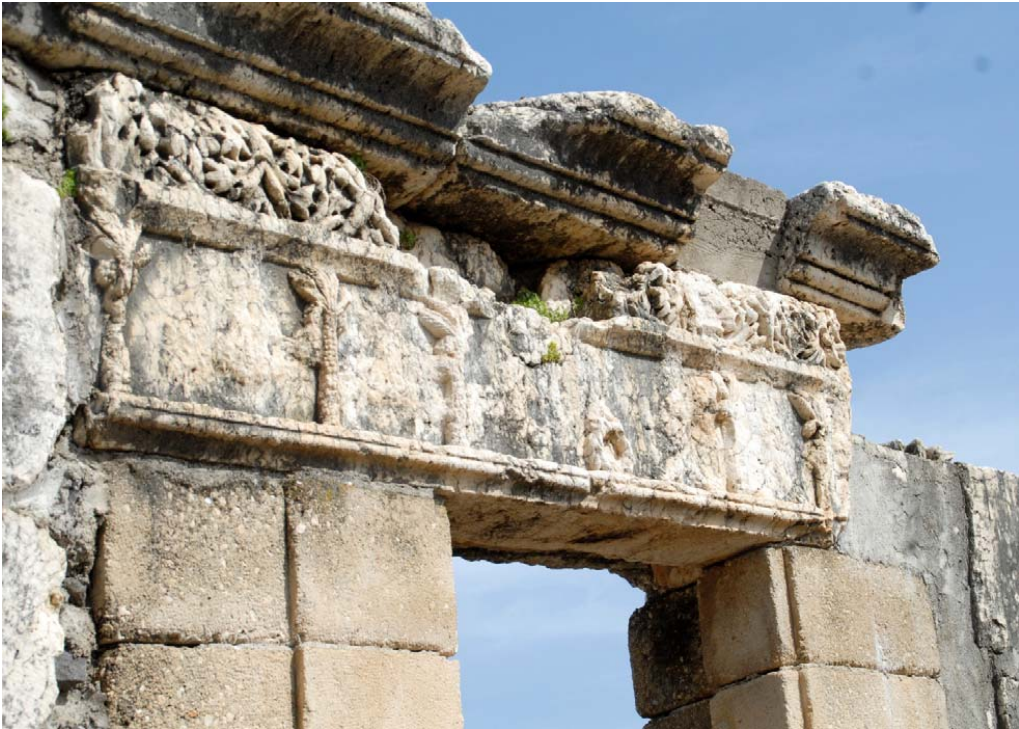


Fig 3. The Synagogue of Capharnaum (Israel). Detail of the lintel.

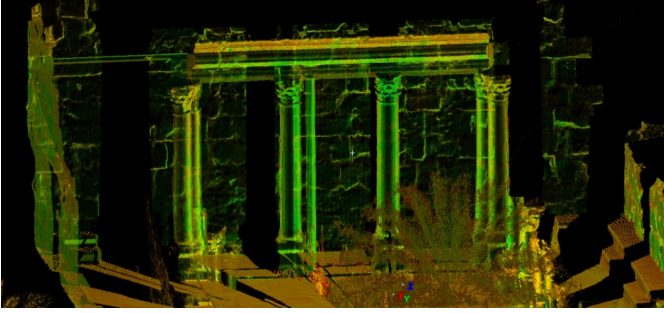


Fig 4. The Synagogue of Capernaum (Israel). The survey with laser scanner.

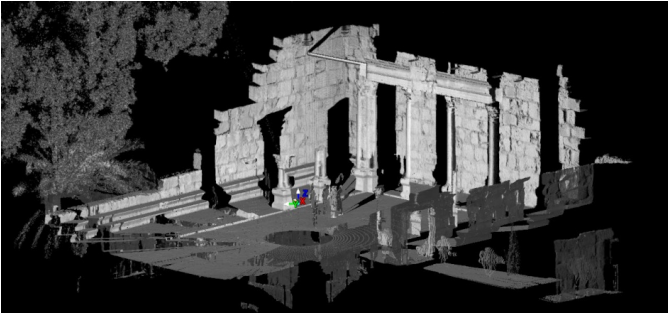


Fig 5. The Synagogue of Capernaum (Israel). Three-dimensional modeling.

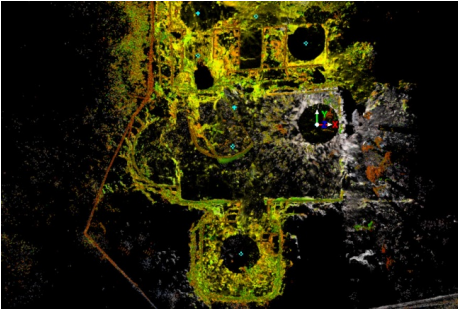


Fig 6. The convent of the Beatitudes in Tabgha. View from above.

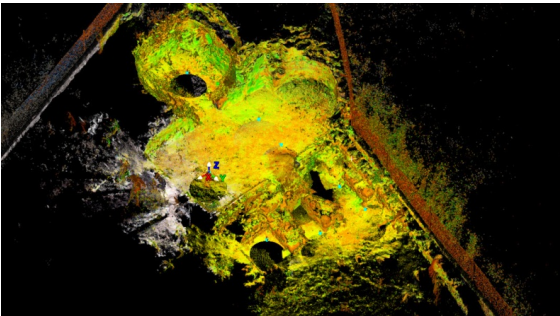


Fig 7. The convent of the Beatitudes in Tabgha.



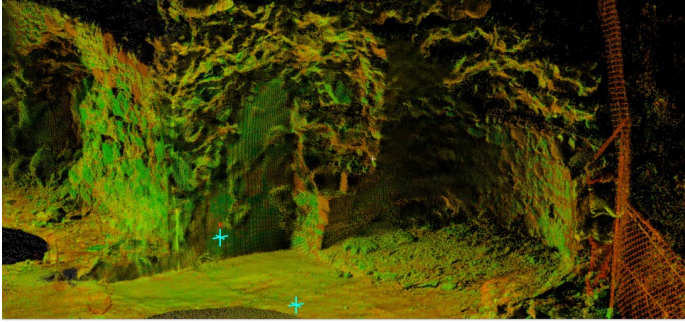


Fig 8. The convent of the Beatitudes in Tabgha. View of the apse.

Bibliographic references

- Pietro A. Kaswalder, *La terra della promessa. Elementi di geografia biblica*, Edizioni Terra Santa, Milano, 2010.
- Richard A. Horsley, *Gesù e l'Impero. Il Regno di Dio e il Nuovo Disordine Mondiale*, Editrice Missionaria Italiana, Bologna, 2006
- Eric M. Meyers, James F. Strange, *Archaeology the Rabbis and Early Christianity.*, SCM Press Ltd, London 1981.
- Stanislao Loffreda, *Recovering Capharnaum*, Pubblicazioni dello Studium Biblicum Franciscanum n.1., Franciscan Printing Press, Jerusalem, 1993.
- Bargil Pixner, *Con Gesù attraverso la Galilea secondo il Quinto Vangelo*, Corazin publishing, Israel, 1997.
- Baruch Sapir/Dov Neema, *Capernaum. History and Legacy. Art and Architecture*, General Editors D. Neeman and B. Sapir, Telaviv, Israel 1967.
- Marco Adinolfi, Pietro Kaswalder (a cura di), *Entrarono a Cafarnaon. Lettura interdisciplinare di Mc 1*, Franciscan Printing Press, Jerusalem, 1977.
- Vassilios Tzaferis, *Excavations at Capernaum*, Volume I, 1978-1982.

SURVEY FOR THE DOCUMENTATION OF AN HERITAGE OF STRATEGIC IMPORTANCE FOR THE STORY OF MANKIND: THE CASES OF ST. PETER'S CHURCH IN TIBERIAS.

Cesare CUNDARI*
Mariella LA MANTIA*
Maria Rosaria CUNDARI**
Dominador BAUTISTA*

* Sapienza Università di Roma.

Dipartimento di Storia, Disegno, Restauro dell'Architettura.

** Università degli Studi di Salerno. Dipartimento di Ingegneria Civile

Recientemente terminó una misión (coordinado por C. Cundari) organizó a cabo en el marco de un acuerdo de cooperación con el Proyecto de Magdala (dirigida por Stephen P. De Luca y patrocinado por el Estudio Bíblico Franciscano - Facultad de Ciencias Bíblicas y Arqueología en Jerusalén, Israel), dirigido a la encuesta y la documentación de la antigua ciudad de Magdala objeto de excavaciones arqueológicas. En esa circunstancia también fueron visitados y documentados los principales sitios evangélicos ubicados en las orillas del lago Tiberíades (Tiberías, Cafarnaum, Tabgha, el Monte de las Bienaventuranzas). Esta comunicación se analiza el caso de la Iglesia de San Pedro, en Tiberíades, que recuerda el episodio evangélico de la pesca milagrosa. La iglesia, precedida por una pequeña galería, es una sala única con un sistema de ábside y rectangular, que surgió en una iglesia cruzada anterior del siglo XII.

The Survey

We want to underline, first of all, that the survey activities carried out in this case must be considered the same way as the registration of stereo models that, in the early decades of the second half of last century, were acquired with twin cameras for a possible later use. The documentation of the mentioned sites, therefore, has been considered as an opportunity to test the applicability of a documentary approach according to which an electronic record can be as worth as a photographic metric image which had to be stored, after the end of the War World II, in order to build documentary sources, useful for an eventual reconstruction, in view of possible new armed conflicts and of the consequent destruction.

With this spirit, without any topographical activities, we proceeded to create a wide and general photographic documentation of the church of Saint Peter in Tiberias and a number of electronic scans of the interior space and front porch (Figs.1,2,3,4) as well as a certain number of measurements of the photographed and scanned parts. Of course, a careful examination of the building and of the areas to be scanned has been carried out in order to identify a certain amount of references to recognize both in the points' clouds and in the photographs. The fact that the church consists of a single nave and an apse simplified, obviously, the electronic registration activities. The scanning activity has been extended, as already said, also to the front porch and the outside courtyard in which a large statue of the saint is placed.

For the scans, we decided to adopt a medium density and to use - in accordance with the possibilities offered by the scanner - the simultaneous photographic recording of the scanned surfaces that was added to the photographic documentation taken with other equipment.

On site we proceeded with a brief examination of the carried out electronic records, postponing their analysis and processing to the moment of the return to the laboratory.

Restitution and subsequent processing

The first activity carried out in the laboratory consisted in the analysis of the single points' clouds, also necessary to verify the recognizability of the references found on site, with the support of the photographic material; on the basis of recognitions, we therefore proceeded to the assembling of the different points' clouds, using the Cyclone software.

It is appropriate, here, to remember how the phase of recognition of the same references in two different clouds is not always possible with certainty; we can, on the contrary, say that very often this is not the case since there isn't the possibility to control the scanning activity so that the assumed reference coincide with one of the many recorded points; you then have to operate on the basis of the awareness that the identified point is only likely to be the possibly closest to the sought one.

The next step consisted in the automatic formation of a "mesh" model; it is useful to underline that this kind of model automatically processed by the program is useful only for a pre-analysis of possible results and normally provides a useful reference for the calculations necessary for the realization of a three-dimensional model adherent to the characteristics of the architectural organism; this model must be more or less characterized in relation to the scale provided for its use (both in video and in editing).

Subsequent processing - made from the points' clouds on the basis of a three-dimensional analysis supported by the observation of the photographic documentation - have highlighted the singularity of the building, such as, for example, the ogival plant of the apsis.

The morphology of the considered building - as visible in the attached pictures - is not particularly rich and this feature has helped the restitution that, based on the construction of a properly textured digital model, is presented here in its ritual processing of plan and section. For the elaboration of the model and its surface treatment we used different software products including 3D Studio Max and MeshLab.





Fig 1. The cases of St. Peter's Church in Tiberias.

620



Fig 2. The cases of St. Peter's Church in Tiberias. The interior of the church.

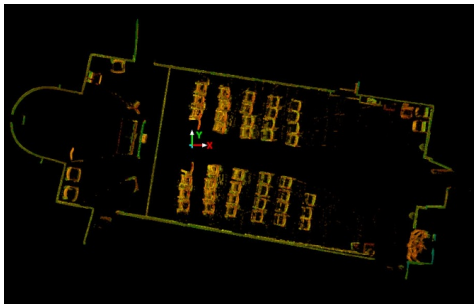


Fig 3. The cases of St. Peter's Church in Tiberias. The plan put forward by the cloud of points.

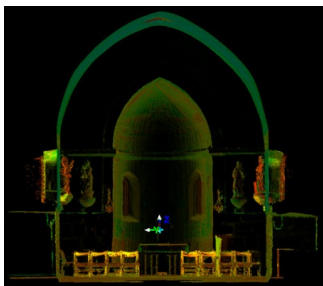


Fig 4. The cases of St. Peter's Church in Tiberias. The cross section deduced from the cloud of points.

Conclusions

The aim of considering electronic records the same way as stereo models which can also be used at different times for the virtual reconstruction of the building must be considered fully successful, whereas, wherever possible, you can always go to the acquisition of more and more comprehensive electronic scans.

The experience confirmed the existence of some problems. First of all, the preservation of digital products: the photos themselves as well as the starting points' clouds and the models. We must not, however, ignore the fact that the various files (photos, points' clouds, models, etc..) can/should be saved in different formats in order to be processed by different software products; this aspect deserves attention since it might imply difficulties in the further development of the stored file. In this regard it is most desirable to ensure that all software companies ensure - as already happens in many cases - that any later version enables the processing of files produced with a previous version.

Considering, then, that a survey must be verifiable and that its quality comes from strict compliance with procedures, careful reflection also suggests the importance of preserving the products of the main stages of processing of points clouds and the main processing steps of virtual models.

Finally, the problem of preservation of digital products remains unsolved up to now; it is desirable, in this regard, that the definition of standard features and formats that allow the formation of archives which can be used by anyone, can be reached as soon as possible.

Bibliographic references

Pietro A. Kaswalder, *La terra della promessa. Elementi di geografia biblica*, Edizioni Terra Santa, Milano, 2010.
 Richard A. Horsley, *Gesù e l'Impero. Il Regno di Dio e il Nuovo Disordine Mondiale*, Editrice Missionaria Italiana, Bologna, 2006
 Eric M. Meyers, James F. Strange, *Archaeology the Rabbis and Early Christianity*, SCM Press Ltd, London 1981.
 Bargil Pixner, *Con Gesù attraverso la Galilea secondo il Quinto Vangelo*, Corazin publishing, Israel, 1997.



SURVEY FOR THE DOCUMENTATION OF AN HERITAGE OF STRATEGIC IMPORTANCE FOR THE STORY OF MANKIND: THE CASE OF THE SHRINE OF THE PREMACY OF PETER IN TABGHA (ISRAEL).

Cesare CUNDARI*
Mariella LA MANTIA*
Giovanna CRESCIANI
Gian Carlo CUNDARI**
Maria Rosaria CUNDARI***
Piero BARLOZZINI****
Dominador BAUTISTA *

* Sapienza Università di Roma.

Dipartimento di Storia, Disegno, Restauro dell'Architettura.

** Università di Roma Tor Vergata. Dipartimento di Ingegneria Civile.

***Università degli Studi di Salerno. Dipartimento di Ingegneria Civile.

****Università del Molise. Facoltà di Ingegneria.

El santuario se encuentra en el lugar donde la historia es que Jesús se revela, por tercera vez a los discípulos después de su muerte, la que se nombra a Pedro como pastor de su gragee de los creyentes donde comieron la Última Cena (después de la resurrección). El pequeño santuario - situada en las proximidades del lago de Tiberiades (mar de Galilea, la antigua) - incorpora la roca sobre la que la historia que quieres para comer la cena, el mismo final, en las afueras y cerca de la playa de la actualidad con unos pocos pasos desde el agua bañada por unas pocas décadas.

La visita del Santuario fue posible durante el curso de la Misión (coordinado por C. Cundari) realizada en el marco de una cooperación con el MagdalaProject accordpo (dirigida por el padre Stefano De Luca y patrocinado por el Estudio Bíblico Franciscano - Facultad de Ciencias Bíblicas y Arqueología en Jerusalén, Isdraele) con respecto a la encuesta y la documentación de la antigua ciudad de Magdala objeto de excavaciones arqueológicas.

Introduction

The small shrine is located where, according to tradition, Jesus revealed himself to the disciples for the third time, after his death, designating Peter as shepherd of his flock of believers or where the last supper (after resurrection) took place. The small shrine – which rises next to the Tiberias' Lake (the ancient See of Galilee) – includes the rock on which the story tells the supper took place, rock that ends, outside towards the actual beach, with a few steps, touched by water until a few decades ago (fig. 1). Actually, pilgrim Egeria (from whose tales many informations about evangelical sites are taken) speaks about "stone steps on which the Lord stood", the steps still clearly visible on the right side of the chapel.

The visit to the sanctuary has been possible during a Mission (coordinated by C. Cundari) accomplished thanks to a cooperation agreement with the Magdala Project (directed by Stefano De Luca and sponsored by the Studium Biblicum Franciscanum – Faculty of Biblical Sciences and Archaeology of Jerusalem, Israel) and finalized to the survey and the documentation of the ancient city of Magdala, object of important archaeological excavations. The exceptionality of the site – both from the historical/religious and environmental point of view – suggested to proceed to a fast survey by means of electronic scanning (using a Leica C10 Laser scanner) and a conspicuous photographic documentation.

The survey of the small shrine pointed out different problems in order to render the very different features of its parts; it was faced in architectural terms for the building, in terms of plasticity for the rock's parts, which testify, after twenty centuries, the original conditions of the site and which are, since then, destination of pilgrimage: already in medieval times pilgrims used to call the place "Tabula Domini" or "Mensa Christi". In a survey which is intended to document also the relationship between the building and its context, the strong connection that links the building to the lake environment, to the adjacent beach that we can see and use today only because of the drop of the Tiberias Lake's water level, must be considered (fig. 2).

The survey

The survey of the building and of its environment has been carried out exclusively by laser scanning with photographs (taken with the Laser Scanner) and by a campaign of additional photographic documentation aimed to acquire informations especially on those areas that would be not enough documented in the elaborations of the "points' clouds". Not having the possibility to arrange a preliminary project for the survey, the visit of the place suggested, according to its plan-volumetric and plastic conformation, the position of the different scanning stations in order to document its features.

It is appropriate to consider that the precious building is certainly characterized by architectural features, as far as its exterior is concerned; it consists of a single hall, very simply constructed, even if it has a precious bas-relief entrance door created on behalf of Pope Giovanni Paolo II; at the same time, the tuffaceous mass cannot go

unnoticed, because it still rises on the beach, with the steps (mentioned by pilgrim Egeria) on the outside of the little church facing the Tiberias Lake (fig. 3), it continues inside the building - going through the external wall - (fig. 4) and represents (as "Mensa Christi") the real destination of pilgrimage. The church is divided into two parts by a step that virtually separates the area destined to the faithful from the area, comprehending the ancient "mensa" and the small apsis, destined to the church services. It's been impossible to carry out a preliminary topographic survey, so it's been necessary to identify, inside and outside the building and immediately around it, a number of reference elements recognizable both in electronic detections and in photos, in order to be able to connect the points' clouds and link them to the pictures. Some measures between significant and easily identifiable points have been however taken with direct procedures, in order to help the metric control during the union of the points' clouds. Survey activities have involved the closest environmental context, the rock mass that supports the church's side facing the Lake, the beach, reaching a reef that could be used as a common reference element in other surveys. Fig. 5 shows the position of the different laser scan stations.

Representations and consequent elaborations

The representation process started with the analysis of the single points' clouds, recognizing in each one the common reference elements previously identified and confronting them on the photographic documentation. The progressive assembly of the points' clouds has been carried out, and an automatic mesh model has been created, only in order to verify the operations already done. These activities have been carried out using the software Cyclone. The mesh model, as it is well-known, approximately represents the most probable form that derives from the assembled points clouds but doesn't render the characterizations and the chromatic aspect of the building.

On the basis of the results of the verification and exporting the points clouds, the three-dimensional model has been enhanced, using modeling software, in order to make it, in its different parts, more faithful to the real configuration of the building, using the photographic documentation to create surfaces' textures.

The tuffaceous elements obviously required a peculiar procedure; its form has continuity features also in those parts (for instance the external steps, form which Jesus would have declared the Primacy of Peter) that we can imagine regularly cut in the past, but whose edges are now eroded by time; its homogeneous geological structure gives it also a constant colour (with a little difference between the inside and the outside of the church, due to exposition to atmospheric phenomena). For this tuffaceous element a uniform surface treatment has been considered suitable, using a texture chromatically recalling its natural character.

Deferring to other occasions the complete presentation of all the representations and elaborations carried out, we present some results derived from the model and, in particular, a plan, a section - which allows to observe also the rock mass that goes deeply into the church -, the facade facing the lake (with the tuffaceous mass that, besides supporting it, characterized the whole side towards the beach (figs. 6, 7 8). A last representation - which consists in an axonometric view of the section made using a horizontal plane to a higher quote than the rock mass - allows to appreciate the close relationship (significant in this architecture of evangelical importance) between the tuffaceous mass (on whose external part Jesus declared Peter's Primacy and on whose internal side the last supper after resurrection took place) and the small sacred building.

Final reflections

According to what agreed, and never fulfilled till now, already at the end of the Second World War, we propose, with the casually started activity, the creation of a digital open archive, where images and documents related to the sites with an evangelical interest located in the area of Tiberias Lake can be stored; the concept of this archive should, on one side, protect the intellectual property of the authors, and on the other side, help the increase and spread of informations.



Fig 1. The Church of the Primacy of Peter and the Lake's water level in the Seventies.





Fig 2. The Church of the Primacy of Peter and the Lake's current water level.



Fig 3. The Case of the Shrine of the Premacy of Peter in Tabgha. 2012. The tuffaceous mass with the steps (mentioned by pilgrim Egeria) on the outside of the little church facing the Tiberias Lake.



Fig 4. The Case of the Shrine of the Premacy of Peter in Tabgha. 2012. The tuffaceous mass continues inside the building - going through the external wall and represents (as "Mensa Christi") the real destination of pilgrimage.

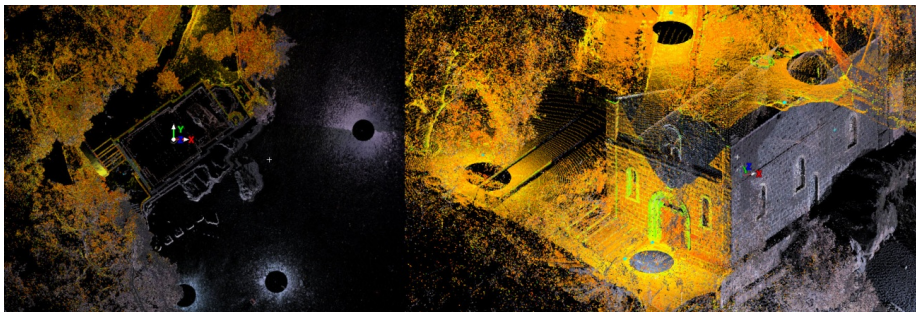


Fig 5. The Case of the Shrine of the Premacy of Peter in Tabgha. 2012. It shows the position of the different laser scan stations

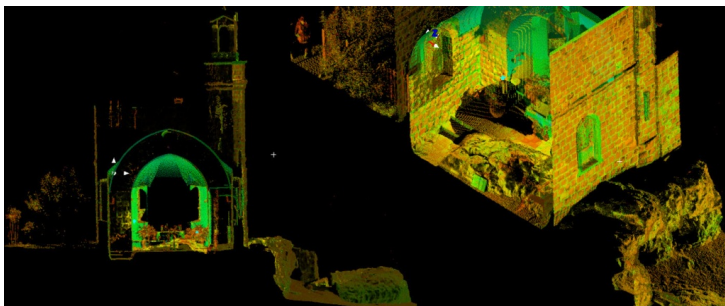


Fig 6. The Case of the Shrine of the Premacy of Peter in Tabgha. 2012. The cross-section.



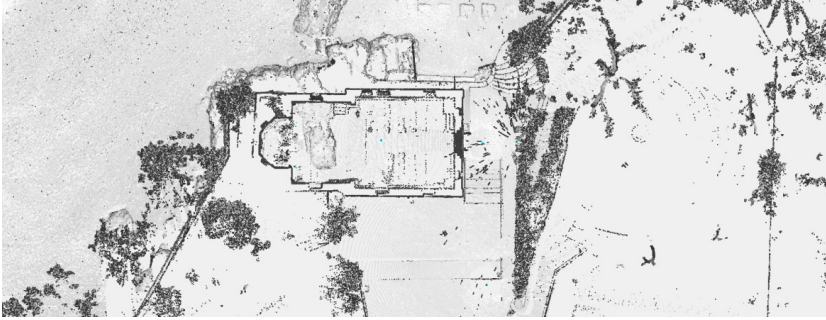


Fig 7. The Case of the Shrine of the Premacy of Peter in Tabgha. 2012. The plan.



Fig 8. The Case of the Shrine of the Premacy of Peter in Tabgha. 2012. The façade.

Bibliographic references

- Stanislao Loffreda, *I santuari di Tabgha. Luoghi santi della Palestina*, 2° ed. 1981.
 Stanislao Loffreda, *Scavi di Et-Tabgha. Relazione finale della campagna di scavi 25 marzo-20 giugno 1968*, Pubblicazioni dello Studium Biblicum Franciscanum, Tipografia dei PP. Francescani, Gerusalemme, 1970.
 Pietro A. Kaswaller, *La terra della promessa. Elementi di geografia biblica*, Edizioni Terra Santa, Milano, 2010.
 Richard A. Horsley, *Gesù e l'Impero. Il Regno di Dio e il Nuovo Disordine Mondiale*, Editrice Missionaria Italiana, Bologna, 2006.
 Eric M. Meyers, James F. Strange, *Archaeology the Rabbis and Early Christianity*, SCM Press Ltd, London 1981.

RECONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS BASADAS EN B-SPLINES RACIONALES NO UNIFORMES. EL CASO CONCRETO DEL MERCADO DE FÉLIX CANDELA EN MÉJICO, 1956

Federico Luis DEL BLANCO GARCÍA

Universidad Politécnica de Madrid
Dpto. de Ideación Gráfica Arquitectónica

RESUMEN

The work presented below is part of the results of a research project at UPM.

The objective of the research consisted in the reconstruction of a selection of architectural projects chosen for both, its importance in the historical context and its geometry; so that the development of non-uniform rational B-splines (NURBS) could be implemented as a tool for the graphical representation of architecture.

NURBS can represent complex geometries with precision (such as the hyperbolic paraboloid), either in the form of models or virtual models. Thus one can hypothesize and even complete information gaps -in the absence or loss of documentation-, of old or not constructed architectural projects.

During the communication it is intended to show the results achieved in one of the specific cases analyzed: the non-built market for Mexico in 1956, by Félix Candela.

Texto comunicación

INTRODUCCIÓN

El trabajo que se expone a continuación es parte del resultado de un proyecto de investigación realizado en la Universidad Politécnica de Madrid.

El proyecto consiste en la reconstrucción de una selección de obras arquitectónicas de las que se conserva documentación incompleta, bien por tratarse de proyectos cuya documentación se ha perdido en el transcurso de la historia, o por tratarse de proyectos para los que no se llegó a realizar dicha documentación.

Bajo este contexto, adquieren especial relevancia aquellos proyectos que actualmente no se encuentran construidos, ya sea porque el paso de la historia provocó su desaparición, o porque nunca llegaron a construirse... quedando tan solo en bocetos e ideas. Proyectos que no pueden visitarse, que no pueden verse ni sentirse, proyectos de los que tan solo podemos imaginar cómo fueron o hubieran sido.

Arquitecturas ausentes que pueden llegar a caer en el olvido si no se realiza una documentación adecuada de su reconstrucción, que permita al menos, mostrar cómo eran o hubieran sido, y dejar constancia de su paso en la historia.

Para la comunicación se ha seleccionado el caso concreto del proyecto para un mercado en Méjico que realizó Félix Candela en el año 1956. Un proyecto que nunca llegó a construirse, pero que en palabras de Colin Faber, de haberse llegado a realizar, hubiera sido el proyecto más importante de Félix Candela.

El carácter fuertemente geométrico de las obras de Candela, y concretamente el de este proyecto, nos permite poner en práctica la formulación de B-splines no uniformes racionales, como una herramienta al servicio de la representación gráfica de la arquitectura, que posibilite completar lagunas de información, así como formular diferentes hipótesis.

OBJETIVOS

El objetivo principal del trabajo de investigación consiste en la reconstrucción del proyecto no construido para un mercado en Méjico del arquitecto Félix Candela (1956), a partir de nuevas tecnologías aplicables a la representación gráfica arquitectónica.

A su vez, se pretende la consecución de objetivos de carácter más general:

- Estudiar las posibilidades que la generación de superficies basadas en B-splines no uniformes racionales



ofrecen a la representación y gestión gráfica de la arquitectura.

- Se pretende generar nueva documentación en forma de planos, imágenes, infografías, dibujos y animaciones, que permitan realizar análisis geométricos y constructivos del proyecto.
- Realizar imágenes y dibujos que muestren cómo hubiera sido el proyecto, de manera que no sea necesario un conocimiento técnico para su comprensión.

CONTENIDO

1. Estado de la cuestión.

La documentación publicada acerca del proyecto que Félix Candela desarrolló en 1956 para realizar un mercado en Méjico, se reduce a los dos planos que Colin Faber publicó en su libro "Las estructuras de Félix Candela" (*Candela, the shell builder*). El resto de documentos existentes relativos a este proyecto se encuentran en la universidad de Columbia, tras haber sido donados por el propio Candela.

En su libro, Colin Faber nos informa que en 1956 Candela realiza un proyecto para un mercado utilizando la figura geométrica del paraboloides hiperbólico. Dicho proyecto nunca se llegó a construir, aunque en palabras del mismo Colin Faber, de haberse materializado hubiera sido el proyecto más importante jamás realizado por Félix Candela.

En esta publicación tan solo aparece un dibujo en perspectiva axonométrica y un alzado esquemático del proyecto, los dibujos que el propio Félix Candela había facilitado a Colin Faber para que realizara su libro.

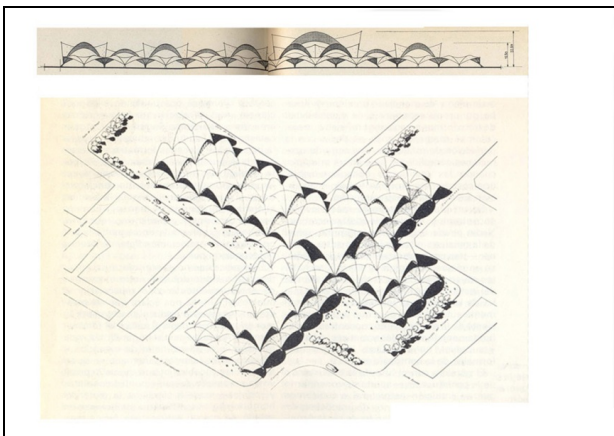


Fig 1. Planos originales de Félix Candela. 1956.
Publicado en "Las estructuras de Félix Candela", Colin Faber.

Este proyecto para un mercado caerá en el olvido hasta que en 1994, Miguel Seguí realizara una selección de las obras de Félix Candela con motivo de la exposición dedicada a este arquitecto, en el depósito Elevado del Canal de Isabel II. Entre los dibujos allí presentados, aparece una nueva perspectiva cónica de dicho proyecto que se encontraba oculta entre los muchos documentos que Félix Candela donó a la universidad de Columbia.

El proyecto gana especial relevancia si nos fijamos en la fecha en la que se produjo. 1956 es el mismo año en el que Félix Candela realiza la iglesia de San Antonio de las Huertas, primera obra en la que utiliza la geometría del paraboloides hiperbólico para generar bóvedas de arista con el borde libre. A su vez, la bóveda central mostrada en la axonometría salva una luz de 52 metros, la mayor que Candela jamás hubiera realizado.

2. Método.

El método utilizado para la realización del proyecto ha seguido un diseño cualitativo-interpretativo, de estudio de casos.

Los instrumentos empleados han sido programas informáticos que nos han permitido generar superficies NURBS a partir de la información obtenida en la fase de recogida de datos. A su vez, se han empleado herramientas tradicionales de la representación gráfica.

Antes de mostrar los resultados obtenidos en la reconstrucción del proyecto, parece necesario al menos comentar en qué consiste una superficie NURBS.

NURBS son las siglas de "non uniform rational basis spline". Sin profundizar demasiado en este aspecto, podemos decir que las NURBS son representaciones matemáticas de geometría tridimensional que pueden obtenerse mediante programas informáticos de modelado en tres dimensiones.

En el caso que nos ocupa, la representación y gestión gráfica de la edificación, las NURBS permiten representar con total precisión geometrías complejas, como los paraboloides hiperbólicos, ya sea en forma de maquetas o modelos virtuales. De esta manera, se pueden plantear hipótesis e incluso completar lagunas de información de proyectos antiguos, no construidos o desaparecidos.

Esta información tridimensional se puede utilizar para la obtención de planos en dos dimensiones que conserven la misma precisión de las superficies NURBS, o puede tratarse mediante otros programas informáticos para la obtención de imágenes que ofrezcan una visión de cómo hubiera sido el proyecto (CGI), manteniendo a su vez la precisión de las superficies originales.



Fig 2. Perspectiva exterior (sin soportes interiores). Reconstrucción 2011



3. Resultados.

Reconstrucción del proyecto mediante superficies basadas en B-splines no uniformes racionales (NURBS).

Dado que el proyecto para el mercado de Félix Candela está realizado únicamente a partir de la geometría de paraboloides hiperbólicos (tanto cubiertas como soportes), el modelado de superficies tridimensionales a partir de NURBS nos ha permitido realizar una reconstrucción precisa siguiendo los planos y las medidas de los documentos originales de Félix Candela, y planteando hipótesis sobre aquellos aspectos que no quedaban definidos por la documentación original.

El primer paso para comenzar la reconstrucción consistió en reunir toda la información disponible acerca del proyecto. Tras tener toda la documentación existente acerca del mercado de Félix Candela de 1956, pudimos apreciar que existían lagunas de información relativas a los espacios interiores. Mientras que la geometría de la cubierta queda totalmente definida, no sucede lo mismo con el interior, ni con los soportes de la mencionada cubierta.

Para realizar la reconstrucción de los soportes realizamos diversas hipótesis basadas en las diferentes opciones que ofrecían las intersecciones de las superficies NURBS, contrastándolas con otras soluciones que Candela había utilizado en proyectos que seguían un patrón similar.

La reconstrucción completa del proyecto de Félix Candela cuenta con más de 40 dibujos y animaciones. Debido a las limitaciones de espacio necesarias para llevar a cabo estas comunicaciones, se ha realizado una selección de ocho imágenes que intentan resumir los resultados obtenidos tras la reconstrucción del proyecto, divididos en los siguientes apartados:

- 3.1 Módulos
- 3.2 Cubierta
- 3.3 Soportes
- 3.4 Interior

3.1 Módulos. Bóvedas de arista a partir de paraboloides hiperbólicos.

Desde 1951, la obra de Félix Candela se caracterizó por la utilización de la geometría del paraboloide hiperbólico y de sus diferentes combinaciones. La geometría se convierte en un medio de control de la forma, y le permite salvar luces de hasta 30 metros con espesores que generalmente se encuentran en 4 centímetros.

El proyecto para el mercado de 1956 es de los primeros en los que Candela combina dos paraboloides hiperbólicos para generar una bóveda de arista. Ese mismo año Candela había realizado la iglesia de San Antonio de las Huertas, donde ya había utilizado este tipo de bóveda parabólico hiperbólica.

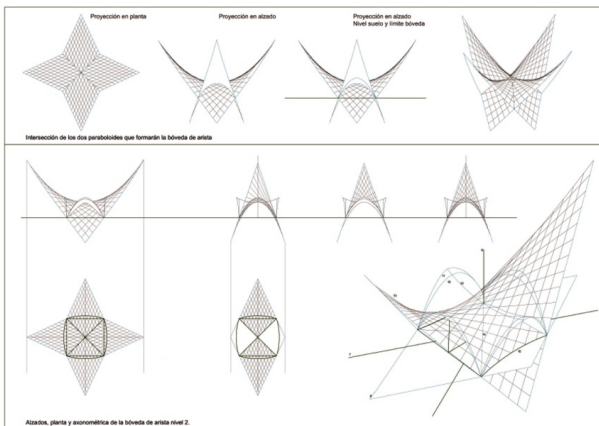


Fig 3. Geometría de uno de los módulos de bóveda. Reconstrucción 2011

Los paraboloides hiperbólicos poseen tres características esenciales, y la combinación de dos paraboloides en una bóveda de arista no altera ninguna de estas propiedades.

- Superficie con doble curvatura.
- Superficie anticlástica.
- Superficie doblemente reglada (por lo que puede realizarse únicamente a partir de rectas).

Esta última característica es de vital importancia, ya que los programas informáticos empleados pueden generar una ligera desviación en las superficies NURBS, que puede corregirse gracias al empleo de puntos unidos por líneas totalmente rectas.

En la figura 3 podemos observar cómo se genera una bóveda de arista a partir de dos paraboloides hiperbólicos idénticos que comparten su eje, girados 90 grados entre sí.

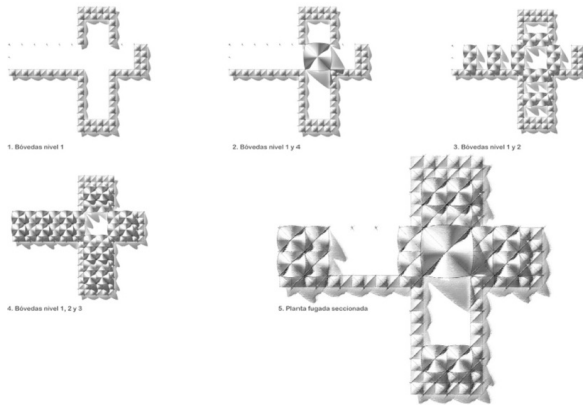


Fig 4. Diferentes módulos de bóvedas. Reconstrucción 2011

El proyecto para el mercado de 1956 está formado por cuatro módulos diferentes de bóvedas de arista (figura 4), correspondiéndose cada uno de ellos a las diferentes unidades espaciales del proyecto. Las diferentes unidades espaciales se unen en una única cubierta que genera un espacio único sin fragmentar.

Vemos cómo cada uno de los módulos de bóvedas se genera del mismo modo, surgiendo las variaciones según el plano de corte empleado sobre la superficie de los paraboloides hiperbólicos (ver figura 3) y según su altura.

Surgen así 36 bóvedas de arista (y 38 fragmentos de bóveda) que se yuxtaponen una a continuación de otra hasta generar la totalidad de la cubierta.

Los módulos siguen una ordenación degradada, situándose los de menor altura en el perímetro, hasta llegar a la gran bóveda central, de altura máxima. La variación de altura entre los diferentes módulos permite a su vez la entrada de luz hacia el interior.

No existen elementos físicos que actúen como conectores, las bóvedas se yuxtaponen siguiendo ejes axiales una a continuación de otra, como elementos independientes que se unen para conformar un todo. Las diferentes alturas de cada bóveda facilitan el reconocimiento de estas unidades espaciales, y permiten la entrada de luz y ventilación.

A diferencia de otros proyectos de Félix Candela, el espacio del mercado podría seguir creciendo, añadiendo nuevas bóvedas, o sustituyendo las ya existentes por otro módulo de bóvedas. Una característica de expansión que Bruno Zevi atribuye a la arquitectura orgánica.



3.2 Cubierta

La documentación original de Félix Candela muestra de manera clara la geometría de la cubierta, así como sus dimensiones (al aparecer algunas de sus medidas en la figura 1).

Para la reconstrucción de la cubierta, no ha sido necesario conocer el resto de las medidas no disponibles de los paraboloides hiperbólicos, ya que con calcular el eje vertical y dos de los bordes de cada paraboloides hiperbólico, podemos generar dos superficies NURBS que den lugar a cada una de las bóvedas de arista que conforman la cubierta.

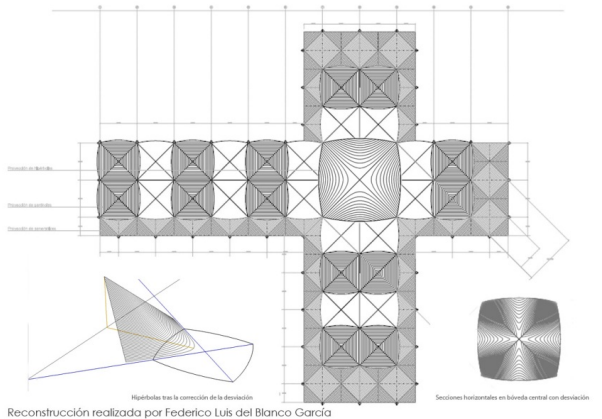


Fig 5. Planta de cubiertas. Reconstrucción 2011

Como podemos apreciar en la representación de la planta de cubiertas (figura 5), según los planos de intersección que utilizemos con los paraboloides hiperbólicos de la cubierta, obtendremos las diferentes curvas propias de un paraboloides hiperbólico:

- Generatrices rectas, que a su vez serán rectas paralelas al proyectarlas sobre un plano perpendicular al eje del paraboloides (figuras 3 y 5).

Podríamos haber obtenido estas generatrices dividiendo en partes iguales los bordes del paraboloides y uniendo los puntos de división; sin embargo, mediante las superficies NURBS podemos calcular las generatrices automáticamente, teniendo la opción de aumentar o disminuir su cantidad modificando la densidad de las "isocurvas".

- Si el plano de intersección es paralelo al eje del paraboloides, y no contiene a ninguna de las generatrices, obtendremos parábolas. Las parábolas de las bóvedas tienen una continuidad en sus apoyos, hasta llegar al plano del suelo.

La reconstrucción de un paraboloides hiperbólico puede realizarse a partir de las parábolas en lugar de sus generatrices, sin embargo, y como veremos a continuación, las superficies NURBS que generan los paraboloides hiperbólicos sufren una ligera desviación en su geometría, perdiendo la precisión que obtendríamos si empleáramos las generatrices.

- Si el plano interseca con el eje del paraboloides, obtendremos hipérbolas.

Si utilizamos un plano de intersección perpendicular al eje del paraboloides hiperbólico, podemos emplear estas hipérbolas para comprobar si la superficie NURBS se ha realizado de modo preciso, o tiene alguna desviación que deberemos corregir.

- Hipérbolas degeneradas, que serán las asíntotas de las hipérbolas.

En la figura 5, en el esquema inferior derecho podemos apreciar cómo las curvas que aparecen representadas en la bóveda de mayor tamaño no se corresponden con hipérbolas. El motivo es que los programas

informáticos pueden generar una ligera desviación en la superficie NURBS, de manera que ésta no se corresponda con un paraboloides hiperbólico. En el esquema inferior izquierdo podemos observar las hipérbolas correctas que resultan al seccionar el paraboloides hiperbólico con planos horizontales (perpendiculares al eje), como consecuencia de reformular las superficies NURBS a partir de las generatrices.

Por lo tanto, es necesario realizar secciones para comprobar que no exista una desviación en las superficies, que sería inapreciable observando únicamente el volumen de la geometría.

3.3 Soportes

He llegado al convencimiento de que el éxito de la mayor parte de mis obras estriba principalmente en el detalle del modelado de las patas o apoyos, y en la discreción o disimulo con que están dispuestos los refuerzos o nervaduras, es decir, en algo que no tiene mucho que ver con la forma general del cascarón en sí o con su cálculo (...)

Puesto que para la elección de estos detalles hay siempre muchas posibilidades igualmente satisfactorias desde el punto de vista estático, volvemos a mi vieja afirmación de que el diseño estructural tiene mucho más de arte que de ciencia." (Carta de Félix Candela a Carlos de Miguel, Octubre 1959)

Como mencionamos al comienzo de la comunicación, la documentación existente no nos permite conocer con certeza la geometría de los soportes.

Sin embargo, los datos nos indican que existen diferentes tipos de apoyo en el perímetro y en el interior, y que los soportes siguen –al igual que las bóvedas- la geometría de los paraboloides hiperbólicos.

Los soportes perimetrales quedan definidos en el alzado que Candela publicó (figura 1), generándose a partir de la continuación de las parábolas que provienen de las bóvedas de la cubierta. Una solución que Candela no volvió a repetir en sus proyectos posteriores.

Sin embargo, el alzado que realizó Candela está hecho mediante superficies sin espesor, generándose puntos inmatiales en la intersección entre los apoyos y las bóvedas.

En cuanto a los soportes interiores, no podemos saber con seguridad cómo los hubiera resuelto Candela. Hemos planteado tres hipótesis para estos apoyos.

La primera se basa en una solución que Candela ya había empleado en un proyecto anterior, la iglesia de San Antonio de las Huertas: un soporte estrellado con 8 puntas que recogería cada una de las entradas de las bóvedas de arista. La segunda hipótesis se basa en apoyos de planta cuadrada para las bóvedas de menor altura (ambos se indican en la figura 6).

Una tercera hipótesis acerca de los apoyos interiores, nos ha conducido a realizar los cuatro soportes que están bajo los lados de la bóveda central con la misma geometría que los apoyos perimetrales. Esto se debe a que al variar la modulación, estos apoyos solo reciben las cargas de las bóvedas contiguas a la gran bóveda central, pero no las de ésta, generándose el mismo tipo de borde que se produce en el perímetro exterior.

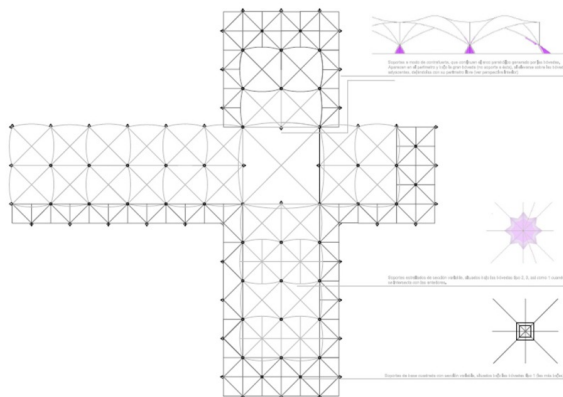


Fig 6. Planta y soportes. Reconstrucción 2011



3.4 Interior

La documentación existente acerca del mercado de Félix Candela, no muestra información acerca del interior del proyecto.

Sin embargo, el estudio de la obra construida de Candela nos indica que la mayor parte de sus proyectos están realizados mediante espacios únicos, sin ningún tipo de partición.

Para la reconstrucción del proyecto hemos tomado la decisión de seguir esta misma línea -al parecer lógica y carecer de otra alternativa- pues otra decisión conllevaría la invención de datos.

Los soportes interiores se han realizado siguiendo las tres hipótesis antes mencionadas, sin poder asegurar que de haberse construido el proyecto, hubieran sido los diseños utilizados.

Las imágenes interiores muestran un espacio amplio, continuo y sin particiones. El tipo de espacio característico en las obras de Félix Candela.

A su vez, podemos apreciar cómo la iluminación y la ventilación del interior provendrían de las aperturas originadas por las diferencias de altura de los módulos de las bóvedas de arista ya mencionados.



Fig 7. Perspectiva interior. Reconstrucción 2011

CONCLUSIONES

El empleo de superficies NURBS adquiere gran relevancia en la reconstrucción de geometrías matemáticas como los paraboloides hiperbólicos.

- En primer lugar, los programas informáticos de generación de NURBS nos han permitido realizar superficies complejas (bóvedas de arista parabólico hiperbólicas) con máxima precisión y rigurosidad. Más precisión de la que hubiéramos obtenido mediante técnicas tradicionales de dibujo, o de la que los programas de modelado a partir de mallas poligonales ofrecían.
- En segundo lugar, cabe destacar la diferencia de tiempo que hubiera llevado realizar el mismo proyecto mediante técnicas tradicionales.

Los modelos realizados mediante superficies NURBS pueden exportarse a otro tipo de programas, o pueden servir como una base para el desarrollo de imágenes mediante técnicas tradicionales de representación gráfica (figura 8).

Sin embargo, al emplear las mismas herramientas de generación de superficies NURBS en otro tipo de proyectos arquitectónicos, generados mediante superficies sencillas o que no siguen una formulación matemática, encontramos ciertas desventajas frente a programas que funcionan mediante mallas poligonales.

- El mayor inconveniente ha sido los problemas que estas superficies NURBS pueden generar al trabajar con archivos de gran tamaño (inestabilidad, ralentización en el proceso de trabajo, mayor consumo de recursos), frente a los mencionados programas de mallas poligonales.
- La exportación de archivos a otros programas que no funcionen con NURBS puede conllevar una pérdida de precisión de las geometrías desarrolladas, así como un aumento considerable en el peso de los archivos.

Por lo tanto, los programas informáticos de modelado en tres dimensiones a partir de NURBS se muestran como una herramienta no solo viable, sino de una utilidad excepcional para la reconstrucción de proyectos arquitectónicos basados en superficies matemáticas, especialmente si son complejas.

En cuanto a la reconstrucción de proyectos arquitectónicos que no siguen superficies matemáticas complejas, el empleo de superficies NURBS sigue siendo viable, aunque existen otras herramientas informáticas que pueden ser más eficientes.



Fig 8. Perspectiva exterior. Empleo de técnicas de dibujo tradicionales como apoyo al modelado mediante superficies NURBS. Reconstrucción 2011

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Faber, Colin. 1963. *Candela, the Shell builder*, Architectural Press. London.
- Candela, Félix. 1963. *Arquitectura y estructuralismo*. *Arquitectura*, nº 59. Madrid.
- Candela, Félix. 1985. *En defensa del formalismo y otros escritos*. Xarait Ediciones. Bilbao.
- Cassinello, Pepa. 2010. *Félix Candela centenario 1910*. Fundación Juanelo Turriano. Madrid.
- Cueto, José Ignacio del. 2010. *Félix Candela 1910 - 2010*. IVAM, SECC. Valencia.



MODELADO TRIDIMENSIONAL Y TÉCNICAS GRÁFICAS APLICADAS AL ESTUDIO DE LA CALIDAD EN EL PATRIMONIO MONUMENTAL

Daniel ESTEVEZ RUIZ
María del Mar CENALMOR SAEZ

Universidad Europea de Madrid
Departamento de Gestión de la Edificación

Palabras Clave: Control de Calidad, Modelado 3D, Ortoalzado, tolerancias, construcción.

Summary

This work presents an analysis based on research and experimental data collection of the dimensions of masonry pieces in Segovia's Aqueduct. A methodology for dimensional control of monumental heritage is developed, focusing in data collection on Segovia's Aqueduct. Results obtained when exporting to systems of quality control and production of pieces of Roman architecture became surprising.

Three-dimensional modeling of the Aqueduct was involved through scanning techniques with latest generation of Trimble GX 3D scanner, and programs such as Realworks for point cloud management, obtained from three-dimensional laser scanning devices and advanced display programs with drawing automation UVACAD type.

Advanced visualization software for drawing automation was also involved, allowing the management of all information in drawing programs, through which all the information needed for the study was obtained.

Resumen

El presente trabajo aborda el análisis mediante una investigación y toma de datos de forma experimental, estudiando las dimensiones de las piezas de sillería del Acueducto de Segovia, por tanto creando una metodología para el control dimensional en construcciones del patrimonio monumental, centrando este trabajo en la toma de datos del Acueducto de Segovia. Siendo sorprendentes los resultados obtenidos al exportarlos a un sistema de calidad y control de la producción de las piezas que forman parte de la arquitectura romana.

Para ello fue necesario el modelado tridimensional del Acueducto a través de técnicas de escaneado con la última generación de escáner 3D TRIMBLE GX, y programas como REEALWORKS para la gestión de nubes de puntos obtenidos desde los dispositivos de escáner laser tridimensional, así como programas de visualización avanzada con automatización al dibujo tipo UVACAD.

Asimismo se usaron programas de visualización avanzada de automatización al dibujo, permitiendo el manejo de toda la información en programas de dibujo a través de los cuales se obtienen todos los datos precisos para el estudio.

INTRODUCCIÓN

"La calidad nunca es un accidente; siempre es el resultado de un esfuerzo de la inteligencia".
John Ruskin

Como se indicaba en el resumen, uno de los principales objetivos de este trabajo para su análisis es la utilización de técnicas avanzadas en la toma de datos, para verificar la calidad en la ejecución de las construcciones del patrimonio histórico. Para ello empleamos las tecnologías más modernas que nos permitan obtener la documentación geométrica precisa,

Justificación / Fundamentación Teórica.

El trabajo que se desarrolla en este documento es el análisis y estudio de los métodos y tecnologías aplicados a la toma de datos del patrimonio histórico, con el objeto de analizar la geometría y establecer conclusiones en base a la calidad de la construcción.

El trabajo surge aplicar el levantamiento arquitectónico en el ámbito patrimonial con la finalidad de determinar las tolerancias de control en la construcción del mismo.



Fig 1. Escáner 3D. 2010 y nube puntos escáner 3D, 2010 Realworks

Las nubes de puntos obtenidas nos permiten obtener el elemento en tres dimensiones y texturizado.

Como resultado del estudio iniciamos un nuevo campo hacia una metodología en el análisis de la arquitectura de nuestro Patrimonio Monumental, enfocada a la calidad, combinando técnicas modernas de levantamientos topográficos, para la toma de datos como el escáner 3d, en construcciones milenarias, para definir el grado de control y precisión ya existente en la historia antigua, tratando los datos obtenidos mediante el software específicos utilizados en nuestro estudio.

OBJETIVOS

Analizar que las medidas, sistemas constructivos y dimensiones de las piezas utilizadas por los romanos, se basan en unos principios de estandarización y normalización como indicaba en el resumen del trabajo.

Las hipótesis de la investigación, están enfocadas a la confirmación de un sistema de estandarización, en la fabricación y colocación de las piezas de granito durante la construcción del acueducto de Segovia. Por ello se demuestra que las tolerancias entre las piezas fabricadas siguen un patrón similar a las marcadas hoy en materiales de construcción actuales, como puede ser ladrillos o elementos constructivos de hormigón.

El fundamento metodológico utilizado en la realización de la investigación, es documental (teórica) y de Campo (práctica), por lo tanto, es una investigación combinada.

Mezclamos la investigación bibliotecaria o documental con técnicas de medida y representación gráfica, en la toma de datos, de un elemento arquitectónico en particular.

De este modo se centra nuestra investigación en un elemento más concreto del Patrimonio, el Acueducto de Segovia, construcción simbólica de la arquitectura romana en España, y se llega a demostrar la normalización de los elementos de construcción que forman parte de esta.

Para la realización y toma de estos datos utilizamos el Escáner Trimble GX 3D .

La elección del sistema al ser más adecuado para la realización de toma de datos, con muy buenas precisiones, así como la experiencia ya realizada en otros trabajos como los indicados en la Tesis "Aplicación de tecnologías innovadoras en la documentación geométrica del patrimonio Arquitectónico y Arqueológico" de José Antonio Barrera Vera, Doctor por la Universidad de Sevilla.

Se realiza un levantamiento mediante orto-alzado del Acueducto de Segovia, el trabajo a realizar es La fotogrametría tridimensional a distancia del Acueducto, para estudiar las dimensiones de forma milimétrica de los sillares de piedra, realizándolo mediante Spatial Station (estación espacial) que consiste en un sistema de posicionamiento avanzado que utiliza tecnologías óptica y de escaneado para medir en 3D a fin de producir datos 2D y 3D.

Los resultados obtenidos topográficamente se analizan y se trabaja con los programas UVACAD (Utilidad de Visualización Avanzada Con Automatización del Dibujo) es un programa desarrollado a raíz del proyecto MAPA (Modelos y Algoritmos para el Patrimonio Arquitectónico) por el grupo de investigación DAVAP (Digitalización,



Análisis y Visualización Avanzada del Patrimonio) y el LFA (Laboratorio de Fotogrametría Arquitectónica) pertenecientes a la Universidad de Valladolid. Está diseñado para la gestión de nubes de puntos obtenidas desde dispositivos de escáner láser tridimensional y REALWORKS basado en tecnologías similares.

Todos los datos los analizo estadísticamente para estudiar los datos obtenidos y comprobar la existencia de normalización y procesos de control de calidad dentro de la construcción romana y en especial del acueducto de Segovia.

CONTENIDO

Antes de proceder a desarrollar el trabajo realizado, se realiza una breve introducción de los dos ejes fundamentales en torno a los que gira el trabajo, para situarlo convenientemente, el Acueducto de Segovia y La Calidad en la construcción en la historia, concretamente en Roma.

Historia del Acueducto de Segovia

Las ciudades romanas, bien creadas sobre asentamientos indígenas o de nueva creación, exigieron la construcción de grandes obras para salvar ríos, abastecer de agua potable la urbe o facilitar viajes entre esas ciudades. Por ello, algunas de las obras de arquitectura romana más interesantes son los puentes, acueductos y calzadas.

La arquitectura romana tuvo uno de sus más espectaculares exponentes en los acueductos que transportaban agua a las ciudades desde manantiales o ríos. Su construcción era muy compleja y en ocasiones se tenían que salvar grandes desniveles por lo que en esas zonas su estructura era de arquerías superpuestas.

El mejor acueducto que queda de Hispania y una de las obras de arte e ingeniería más grandiosas del mundo romano es el acueducto de Segovia, construido probablemente entre la segunda mitad del s. I y principios del II, en tiempo de los emperadores Vespasiano y Trajano. Tiene una longitud de 728 metros y 28,29 de altura en su punto más alto. Su construcción es a base de sillería sin argamasa de granito y consta de 167 arcos.

Posiblemente sea el mejor y más completo acueducto que nos queda de todos los que se construyeron en el Imperio Romano, no solo por su excelente conservación, sino también por su concepto, tamaño y diseño.

638

Ha sufrido algunas destrucciones parciales, remodelaciones e incluso la desaparición parcial de sillares, en concreto de cornisas.

La grandiosidad, armonía e integración que la obra aporta al paisaje de la ciudad han sido motivo fundamental para que en que, en las acciones de restauración se mantuviese el diseño original, siendo la más importante la acometida por los Reyes Católicos. Es, sin duda, la obra de ingeniería más artística y monumental de la historia romana.

Su datación es complicada, ya que no nos quedan inscripciones claras o documentación suficiente para certificar el origen de su construcción. Se le ha atribuido a Trajano, a Claudio, a Nerva o a Domiciano. Pero lo que es seguro es que debió ser a finales del S.I o primeros del S.II..

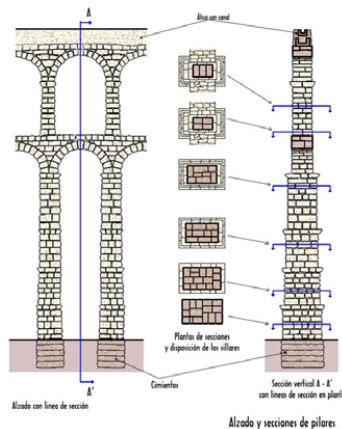


Fig. 2 tomada de: http://www.spanisharts.com/arquitectura/imagenes/roma/segovia_acueducto_plano.html (26 de abril de 2011)

El acueducto toma el agua del río Frío situado a 18 km. de la ciudad, la Segovia romana. Se conduce mediante un canal de 0,30 m. de ancho y 0,30 m. profundo. Discurre a cielo abierto hasta el pinar de Balsaín, donde se entierra hasta llegar a un primer filtro de arena "turrís aquae". Desde ese punto el cauce se eleva sobre un muro parte de la conducción esta hoy pérdida que desemboca en un segundo depósito de decantación. Este está protegido por una caseta rectangular de 7,70 m. por 4,80 m. de planta con una bóveda de cañón ligeramente apuntado. El estanque interior mide 4,30 m. por 2,20 m. de planta y 2,60 de profundidad. Su fábrica está compuesta por seis hileras de sillares.

De este segundo depósito sale la conducción elevada que es conocida en todo el mundo. Está compuesta de 166 arcos de medio punto -68 sencillos y 44 dobles superpuestos-, y su longitud total es de 638 m.

El trazado de esta sección elevada no es recto, tiene varias partes que varían su dirección: La primera es de 65 m. y consta de 6 arcos de hasta 7 m. de altura. La segunda mide 159 m. con 25 arcos de hasta 8m. La tercera es de 281 m. con 44 arcos y de 12 m. de altura. Por último, la parte más conocida, está compuesta por 43 arcos dobles 86 y dos sencillos, el primero y el último. Las luces de los superiores son ligeramente más amplias, de unos 5,1 m. Esta arquería termina en la muralla. Desde allí hasta el depósito general "castellum aquae" existían 9 arcos sencillos, de los cuales solo nos quedan cuatro. Llega a medir 29 m. de altura en su zona más elevada. Precisamente en este punto es donde se encuentra el espacio destinado a la inscripción, que mide 16 m. de largo por 2 de alto. En su lado occidental se ha transcrito:

"IMP NERVAE TRAIANVS CAES AVG GERM P M TR P II CO S II PATRIS PATRIAE IVSSV P. MVMMIVS MVMMIANVS ET P. FABIVS TAVRVS IIVIRI MVNIC FL SEGOVIESIVM AQVAM RESTITVERVNT"

En esta parte del acueducto se aprecia el sistema constructivo "escalonado" de los pilares. En su base, la planta mide 3 m. por 2,5 m., pasando a ser de 2,5 m. por 1,8 en su zona final. Los "escalones" sucesivos miden 3,6 m. de altura, menos el último que es de 5,1 m. En cada uno de ellos el pilar disminuye en 0,3 m. y es rematado por una cornisa.

El trazado de esta sección elevada no es recto, tiene varias partes que varían su dirección:

La fábrica es de sillares de granito "piedra berroqueña"¹ labrados toscamente y colocados en seco el opus quadratum almohadillado, esto es a hueso.

La fábrica es de sillares de granito "piedra berroqueña"² labrados toscamente y colocados en seco el opus quadratum almohadillado, esto es a hueso.

El ático es de mampostería opus incertum, y en su interior se encuentra el canal, rodeado de hormigón romano e impermeabilizado con opus signinum.

Las canteras debieron ser varias: son distintos tipos de granito usado en la construcción de 7.500 m3.

Breve introducción a la calidad

Sabemos que los conceptos conocidos de la calidad comienza prácticamente con la revolución industrial, y se define en el siglo XX, pero como filosofía o concepto, la calidad surge cuando surge la civilización tal y como la conocemos, desde que el hombre comienza en la utilización de materiales, ya sea para caza o utensilios de cocina etc.... indirectamente desechaban los elementos, que no eran útiles, como cuchillos sin la forma deseada para que sean prácticos.

Según D. Antonio Luis García Gutiérrez³, Profesor adjunto de Documentación Facultad de Ciencias de la Información de la universidad Complutense de Madrid, indica que: "La normalización existe desde que el mundo fue creado. La Naturaleza está normalizada. Sus ciclos se aferran fielmente a unas reglas preestablecidas e inmutables. El hombre, además, como parte de ella, busca inconscientemente la norma: sincronizar dos relojes para una cita posterior es un acto de normalización. Así pues, no es nueva la normalización como pudiera serlo la aeronáutica espacial o la física nuclear. Lo único que es novedad en la normalización, al decir de Sanders⁴, es 'la forma en que los hombres del siglo xx la han abordado. Los sistemas planetarios, el nido de una golondrina o el panal que construyen las abejas son ya ejemplos extraordinariamente precisos de norma industrial". La normalización se presenta hoy, en manos de la humanidad, como la mayor arma contra el subdesarrollado y el oscurantismo.

¹ y ² El granito, también conocido como piedra berroqueña, es una roca ígnea plutónica constituida esencialmente por cuarzo, feldespato y mica.

³ Catedrático de la Universidad de Sevilla, en la Facultad de Comunicación.

⁴ Sanders, I R. B: Objctmjk et Principes de la Nonnalisation. Pr de Olle Sturen. Genéve, Irernational Organization for Standardizatiots, pág. 3.



La calidad en la civilización Romana

En la civilización romana, con Vitrubio en sus diez libros de tratado de la construcción normalizaba y explicaba los sistemas constructivos, lo podíamos comparar con el CTE (Código Técnico de la Edificación) de la época.

Marco Vitrubio Polión vivió aproximadamente en el siglo I a.C., desarrollando su labor bajo los mandatos de César y Augusto. Los diez libros que componen "De Architectura libri decem" se redactaron aprox. entre el 35 y el 11 a.C., y su destinatario fue con toda seguridad Augusto.

Por tanto, se trata del tratado arquitectónico más antiguo conocido, que cubre un amplio abanico de los saberes que se consideraban necesarios para el oficio de arquitecto-ingeniero.

Según Vitrubio, indicaba en su tratado de la arquitectura: *"Este conocimiento surge de la practica y del razonamiento. La práctica consiste en una consideración perseverante y frecuente de la obra que se lleva a término mediante las manos, a partir de una materia, de cualquier clase, hasta el ajuste final de su diseño. El razonamiento es una actividad intelectual que permite interpretar y descubrir las obras construidas, con relación a la habilidad y a la proporción de sus medidas...."*

Vitrubio indica la importancia de conocer y normalizar, los métodos constructivos y su control geométrico.

También en el tratado hablaba de libros y normativa de otros autores, "Quien llegue a leer las normas pertinentes que redactaron Ctesibio⁵, Arquímedes y otros autores"

Vitrubio, habla también sobre el conocimiento del arquitecto de las leyes, eso significa la existencia de normas, escritas para poder construir, el control de la calidad y el concepto de habitabilidad citado por la LOE (Ley de ordenación de la edificación).

"El arquitecto ha de tener un conocimiento suficientemente completo de las leyes, para levantar paredes exteriores que separan unos edificios de otros, en lo referente a las goteras y a las cloacas o desagües; como también debe conocer la legislación necesaria para situar la iluminación.

Definía la composición de la arquitectura Ordenación, Disposición, Eufonía, Simetría, Ornamento Distribución y economía, citamos la disposición que relaciona la colocación de las piezas y del propio edificio.

"La Disposición es la colocación apropiada de los elementos y el correcto resultado de la obra según la calidad de cada uno de ellos".

En su tratado, habla de ensayos sobre los materiales, (ensayos organolépticos), como ejemplo, para determinar la calidad de la arena indicaba, *"Lo primero de que debemos ocuparnos, en las obras de mampostería, es de la selección de una arena que sea adecuada para el mortero, esto es, que no tenga tierra mezclada. Las clases de arena son: negra, blanca, roja y carboncillo. De estas cuatro clases, la más idónea será la que, al frotarla fuertemente con las manos, produce un crujido; este efecto no se consigue con la arena mezclada con tierra, pues no tiene aspereza. De igual modo, la arena más idónea es la que, envuelta en un vestido blanco, al sacudirla después, no mancha si ensucia, ni deja sedimento de tierra".*

La normalización de la medida, se basa también como en Egipto y en Grecia, en el cuerpo humano, para crear partes enteras y crear una norma de las medidas.

Remarca nuevamente Vitrubio:

En consecuencia, si es lógico y conveniente que se haya descubierto el número a partir de las articulaciones del cuerpo humano y a partir de cada uno de sus miembros, entonces se establece una proporción de cada una de las partes fijadas, respecto a la totalidad del cuerpo en su conjunto; solo nos queda hacernos eco de quienes, al construir los templos de los dioses inmortales, ordenaron las partes en sus obras con el fin de que, por separado y en su conjunto, resultaran armónicas, en base a su proporción y simetría.

Otro apartado muy importante en la calidad de las edificaciones y de la funcionalidad, era la verificación de la topografía, también Vitrubio habla en su tratado sobre cómo realizarlo y de los equipos que disponían para tales verificaciones.

"El primer paso es un estudio del nivel del terreno. El nivel se fija con la ayuda de la dioptra (Tablilla metálica levantada perpendicularmente en cada extremo de una alidada, provista de un orificio para dirigir visuales)

⁵ Ctesibio (trabajó 285 a.C.-222 a.C.) fue un inventor y matemático griego de Alejandría (siglo III a.C.). Sus contribuciones a la investigación de los fenómenos naturales, así como de la geometría son sólo inferiores a los de Arquímedes.

con niveles de agua, o bien con un corobate. El mejor método es usar un corobate, pues la dioptra y los niveles de agua fallan en ocasiones. El corobate es una regla con una longitud aproximada de veinte pies".

Con lo escrito y tratado y por tratar, vemos como en Roma el control de la calidad era explícito en el sistema de construcción que disponían, con controles de los materiales, de las dimensiones de las piezas y de la ejecución.

Procedimiento del trabajo

Una vez enmarcados los ejes sobre los que desarrollamos el trabajo, pasamos a exponer los pasos dados para la obtención del levantamiento del Acueducto de Segovia.

Realizaremos el levantamiento arquitectónico o la obtención de la documentación geométrica a través de la adquisición sin contacto de las características tridimensionales y texturas. A partir del empleo de un escáner láser tridimensional, empleando la medición de distancias sin prisma reflector mediante el empleo de la tecnología time-of-fly con laser. De este modo obtendremos las coordenadas de modo masiva, del orden de 1000 puntos por segundo y una resolución aproximada de 0,5 mm. La gran cantidad de puntos nos permite la visualización in situ.

Con los medios tecnológicos que tenemos a nuestro alcance estudiamos y realizamos un levantamiento del Acueducto de Segovia, del que analizamos las dimensiones de las piezas y arcadas, para verificar el control de la calidad y normalización de las medidas en la antigua Roma. Para el desarrollo del trabajo hemos tomado la parte 4ª del acueducto, según se muestra en la ilustración xx, por ser la zona de mejor acceso.

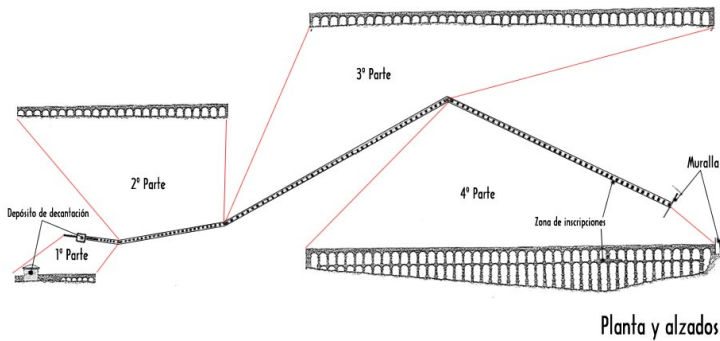


Fig. 3 Distintas administraciones territoriales romanas -en provincias- de la península.<http://www.spanisharts.com/arquitectura/roma.html>

El proceso seguido se llevará a través de tres pasos según Landon, K.C.; Landon J. P. 1996:

- Captura del conjunto de datos.
- Conversión de los datos en un modelo.
- Transferencia de la información procesada al público: nuevas formas de visualización y de representación.

Para acometer el estudio precisamos datos 3D precisos, datos topográficos de calidad con un detalle excepcionalmente alto, por ello es necesario el uso de estas tecnologías.

Era imprescindible que el proyecto se realizara con equipos topográficos de escaneo de precisión, con gestión de datos y visualización, elegimos sistemas y software de Trimble para hacer el trabajo.

La primera tarea fue establecer una red de puntos de control 3D precisos para las operaciones de medición. Las precisiones horizontales que nos marcamos eran de 3mm y verticales de 7mm.

Se empleó escaner Trimble GX 3D, con software Trimble Pointscape.

La red de puntos de control se estableció a través de una triangulación con GPS estático, procesándose y



ajustándose con relación al sistema de coordenadas nacional.

Estos puntos de control constituían las bases desde las que operaría el escáner.

Estacionado el escáner en un punto conocido y orientándolo hacia otro punto conocido se procedió a la obtención de los puntos, que se podían visualizar in situ a medida que eran obtenidos.



Fig. 4 Fotografía del emplazamiento del escáner 3d.



Fig. 5 Fotografía toma de puntos del escáner 3d

Una vez obtenidos los datos de campo, en oficina usamos el software Trimble Realworks para procesar los datos del escáner.

Del trabajo se obtuvieron nubes de puntos, mediante el programa se procedía al tratamiento de la nube de puntos para limpiar el ruido o puntos no necesarios que el escáner había obtenido.

A partir de la nube de puntos se procedió a la generación de mallas de triángulos, a esta se le asigna la textura de las fotos tomadas en campo con el propio escáner.

Se podría exportar a cualquier formato. Entre ellos a google earth, de modo que podemos obtener unos resultados más impactantes.

A partir de la malla texturizada es posible generar ortoimágenes automáticas. Eligiendo un plano de proyección. Se procede a exportar a formatos de programas de CAD, como dxf, lo que nos permite al obtención de todos los planos, secciones, perspectivas que precisemos.

A continuación una vez que disponemos del levantamiento del Acueducto, pasaríamos al análisis de las medidas, sistemas constructivos y dimensiones de las piezas utilizadas por los romanos. Estas se basan en unos principios de estandarización y normalización como indicaba en el resumen del trabajo, "Entre los objetivos del trabajo realizado se pretende crear un procedimiento de control e identificación enfocado a la calidad en la historia de la arquitectura relativas al control dimensional de los materiales de construcción, así como un concienciar de la necesidad del control de calidad en la construcción, en todas sus partes, proyecto, ejecución y materiales, sin dejar ningún tipo de material sin norma de control."

El principal objetivo del trabajo es el la verificación de la calidad dimensional de las piezas de sillería utilizadas en la Construcción del acueducto, este trabajo lo podemos relacionar mediante la comparación con normativas como la de recepción de ladrillos NBE-RL-88, donde marca las tolerancias del control dimensional.

“.....Características dimensionales

El fabricante indicará las dimensiones nominales de los ladrillos en centímetros definidas por las de sus aristas: Soga, tizón y grueso. Sobre estos valores se admiten las siguientes tolerancias:

Sobre el valor nominal: Dimensión mayor de 10 cm y menor o igual a 30 cm Tolerancia en mm ± 6

Sabemos que las dimensiones de las piezas son mayores a las indicadas por la norma de ladrillos, por otra parte al no existir referencia a normativa a dimensiones de sillares y tolerancia de las dimensiones actualmente la comparativa la realizamos también utilizando las NTE-EFP.

Para la realización del trabajo realizaremos fichas dividiendo la zona 4 del acueducto en sub-zonas, y por la dificultad de toma de datos se realiza las mediciones en la zona más representativa, las cuatro arcadas centrales.

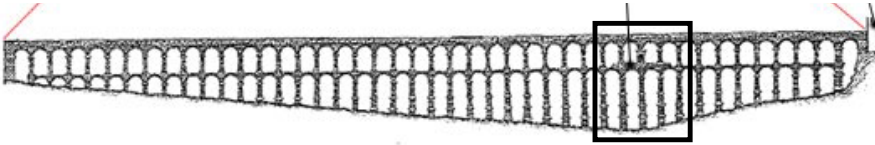


Fig. 6 Zona de toma de datos, 4 arcadas principales.

El numero de sillares analizados son 212 los correspondientes a la arcada inferior del acueducto, en la zona marcada.

Los datos que necesitamos analizar son, el grueso, la soga y la superficie de los sillares.

Dimensión Grueso	Dimensión Soga	Superficie

El sistema de escáner cuenta con la capacidad de resolución fotorealística, el escáner 3D Trimble GX proporciona lo último en imágenes de Spatial Imaging detalladas. Los datos pueden capturarse con precisión subcentimétrica, lo que le proporciona una clara visibilidad en cada matiz de la escena.

Trimble RealWorks es lo suficientemente potente para manejar conjuntos de datos de gran tamaño, a la vez resulta muy sencillo de utilizar: el software lo guía, paso a paso, por las complejas tareas de administración y manipulación de datos para asegurarte que siempre logrará sus objetivos y los de sus clientes.

El resultado final en el software Trimble RealWorks consiste en la generación de resultados 2D y 3D atractivos para la salida directa o exportación de los mismos a paquetes CAD tales como AutoCAD y MicroStation.

El software de oficina Trimble RealWorks es la solución central para convertir datos de sensores de Spatial Imaging a los resultados necesarios.

Los resultados de las medidas las dividimos en dos apartados, las realizadas in situ, las cuales las referenciamos al programa On site photo, y las realizadas con escáner 3D, analizando cada una de las medidas longitudinales y verticales de las pilastras principales de las arcadas.

Estas dimensiones se miden en 3D dando precisiones milimétricas entre los puntos que definamos para la toma de los datos.



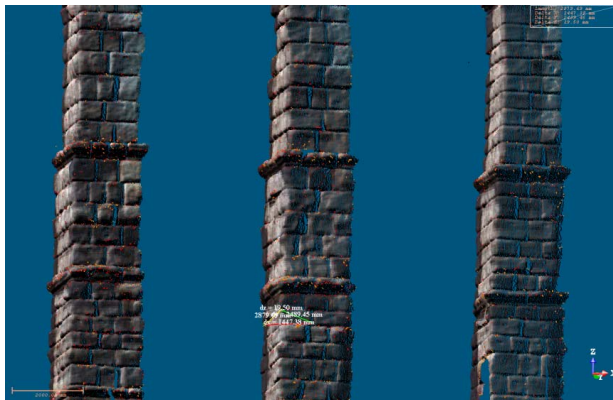


Fig. 7 Toma de medidas en el orto alzado mediante el escáner 3D de Trimble.

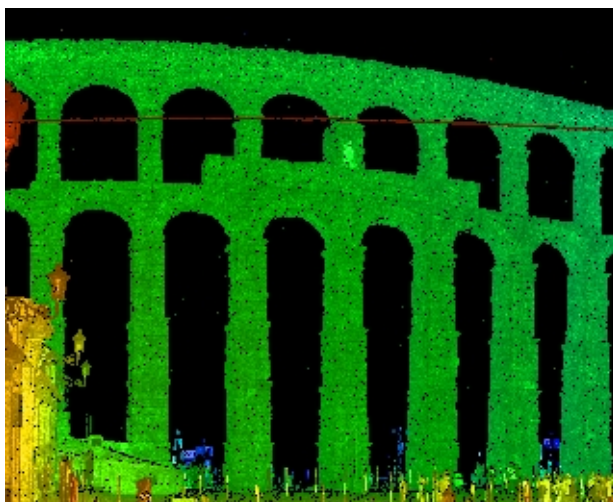


Fig. 8 Toma de medidas en el orto alzado mediante el escáner 3D de Trimble.

CONCLUSIONES

Tras la investigación realizada de forma documental y práctica, según indicábamos en nuestros objetivos, ha existido siempre un control de calidad, tanto de la ejecución como de los materiales.

Podemos concluir que muchas construcciones romanas y como en el caso del acueducto de Segovia, siguen un patrón estandarizado de la fabricación de las piezas, repitiéndose muchas medidas y áreas de los sillares, basados en la medida del pie romano, más que la relación con el codo, en especial en las dimensiones del grueso de las piezas.

Es interesante definir el sistema y el procedimiento de análisis para posteriores trabajos, creando de esta forma un sistema milimétrico de levantamiento, y toma de datos de edificaciones del patrimonio histórico, para como en este caso utilizarlo en la verificación de las medidas que lo componen y poder estudiar la semejanza, o estandarización de las medidas y dimensiones de los sillares aun con el deterioro del paso del tiempo.

Esta grandiosa obra de ingeniería ejemplifica las características de la arquitectura funcional romana, de la que puede destacarse la proporción y armonía del conjunto, resultado de la combinación de estructuras arquitrabadas (herencia del mundo griego), con el arco de medio punto (tomado de los etruscos).

Como resultado del estudio iniciamos un nuevo campo hacia una metodología en el análisis de la arquitectura romana, enfocada a la calidad, combinando técnicas modernas de levantamientos topográficos o también llamado documentación geométrica, para la toma de datos como el escáner 3d, en construcciones milenarias. Para definir el grado de control y precisión ya existente en la historia antigua, se han tratado los datos obtenidos mediante software específico, como Realworks, Uvacad y On site Photo utilizados en nuestro estudio.

Con la combinación de las técnicas gráficas de representación, junto con el análisis de la dimensión y tolerancia de las piezas, se crea una metodología de análisis para cualquier tipo de edificación antigua, tanto para su levantamiento gráfico como para el estudio de los materiales, pudiendo analizar las posibles intervenciones que hayan sufrido.

Con este trabajo se hace hincapié en que el tratamiento de datos obtenidos en 3D de un edificio ya construido no es necesario procesarlo en 2D, con la ventaja de disponer de toda la superficie texturizada.

Referencias bibliográficas

TOPOGRAFÍA ROMANA . <http://www.traianvs.net/topo01/index.php> [2011, 5/30/2011].

Adam, J. & Colinas Carbajo, C. 1996, *La construcción romana: materiales y técnicas*, Editorial de los Oficios, León.

Almagro Gorbea, A. & Caballero Zoreda, L. 1974, *Bimilenario del Acueducto: exposición conmemorativa: Segovia, 1974*, Dirección General de Bellas Artes, S.L.

Bendala Galán, M., Rico, C. & Roldán Gómez, L. 1999, *El ladrillo y sus derivados en la época romana*, Universidad Autónoma: Casa de Velázquez, Madrid.

Caballero Zoreda, L., Escribano Velasco, C. & Castilla y León. Consejería de Educación y Cultura 1996, *Arqueología de la arquitectura: el método arqueológico aplicado al proceso de estudio y de intervención en edificios históricos: actas*, Junta de Castilla y León, Consejería de Educación y Cultura, Valladolid.

Copeiro del Villar Jiménez, E. & Universidad de Alicante. Escuela Politécnica Superior 2009, *Levantamiento 3D mediante fotogrametría digital de los yacimientos arqueológicos Villa Romana del Albir y Pecio Medieval de los Sillares, diseño de la metodología mediante el software Photomodeler*, S.N., Alicante.

Escribano Velasco, C. & Caballero Zoreda, L. 1996, *Arqueología de la arquitectura: el método arqueológico aplicado al proceso de estudio y de intervención en edificios históricos: actas*, Burgos, 1996, Junta de Castilla y León, Salamanca.

Francisco Jurado Jiménez 2001, "El Acueducto Romano de Segovia", *OP Ingeniería y Territorio*, , nº 57, pp. 14-23.

Robinson, A. 2007, *Metrum : la historia de las medidas*, Paidós Ibérica, Barcelona.

José Antonio Barrera Vera, 2006, *Aplicación de Tecnologías innovadoras en la documentación geométrica del Patrimonio Arquitectónico y Arqueológico*, Tesis Doctoral, Universidad Sevilla.



REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ESPACIO POR REGISTRO DE IMÁGENES TÉRMICAS.

Julio Enrique TAPIA GÓMEZ
Fernando FARGUETA CERDÁ
José FORNIELES LÓPEZ

Universidad Politécnica de Valencia

RESUMEN

El siguiente trabajo pretende reflexionar sobre el uso de la cámara termográfica, como una herramienta capaz de apoyar el trabajo cotidiano del arquitecto. La termografía muestra de forma científica información que otras técnicas gráficas no son capaces de destacar. Esta técnica relaciona las diferencias de temperaturas y emisividad reflejada de un cuerpo. Estas reflexiones de la superficie provienen de las radiaciones de energía del material y de los efectos de flujos de convecciones del medio ambiente. Por ello pensamos que este tipo de instrumento puede entregar una información de interés sobre las formas dinámicas de habitar que se tienen dentro de los edificios.

Con este tipo de metodología se destaca la capacidad de esta de herramienta, para medir las variables térmicas del espacio, con el fin de poder recoger aquello que el croquis, la fotografía u otro sistema de registro no destaca de forma directa.

Posteriormente se fabricó una pieza de hormigón, la cual se le inyectó agua por métodos normados, sobre esta se tomó registros en zonas secas y húmedas. Finalmente se comprobó que las diferencias llegaron a ser de 12°C entre las zonas secas y húmedas. Concluyendo en la capacidad de lectura térmica que tiene la cámara.

BREVE HISTORIA DE DE LA REPRESENTACIÓN ARQUITECTÓNICA Y LAS TÉCNICAS CIENTÍFICAS

Todo lo que hagamos en el campo de la representación del espacio, será siempre una parcialidad de la realidad. Por ello se usa una cantidad de herramientas que construyen dichas parcialidades. La ciencia es una de las principales disciplinas que aporta a los temas de representación arquitectónica, tal representación ha estado centrada en las definiciones espaciales de las obras analizadas.

La geometría descriptiva por ejemplo es una ciencia que representa el espacio en dos o tres dimensiones. Además permite encontrar un orden espacial que ayuda a la interpretación del objeto estudiado. Los teóricos del renacimiento como Leon Battista Alberti, Rafael Sanzio o Danielle Barbaro, definían que las representaciones ortogonales como planta, alzado o secciones, eran las únicas que podían expresar la obra de arquitectura. Las técnicas como la perspectiva era rechazada por el modo persuasivo de la realidad, ya que sus puntos de fuga impedían la lectura de medidas exactas, por lo tanto esta técnica pertenecía al mundo de la pintura.⁶

El dibujo técnico, como herramienta de expresión, resulto útil para definir convencionalismos sobre nomenclaturas que diesen una mayor cantidad de información de una escena analizada. Existen otras técnicas de interpretación espacial, que provienen de la fusión con otras ciencias, de esta forma nace la fotografía, que toma tanto de la química y la óptica su desarrollo. En ella se hace un avance considerable para poder captar la realidad tal cual la ven nuestros ojos.

Actualmente el desarrollo de los ordenadores y nuevos software catalizan de forma dinámica todas las técnicas anteriores, que llegan a tal grado de precisión que fácilmente podrían confundirse algunas imágenes de ordenador con las imágenes reales.

Los avances tecnológicos desde la invención de la perspectiva han ido en un constante aumento, y más intensamente en los últimos 30 años. De esta forma contamos con una gran cantidad de herramientas que nos ayudan a comprender el medio que nos rodea.

Actualmente existe una línea de investigación que arroja nuevos intereses sobre el conocimiento científico de una obra de arquitectura, esto se puede ver en la especificidad del estudio del comportamiento térmico o acústico de una obra.

⁶ Este extracto fue sacado de la ponencia de González-Varas, 2010, II Jornadas sobre la enseñanza de las ciencias y las ingenierías, donde continua con: "Este rechazo de la perspectiva paralelo a la afirmación teórica de la tríada ortogonal para la representación arquitectónica radica en la interpretación de las opiniones del tratado de Vitruvio que establecía tres «species» de representación, «orthographia, ichnographia, scaenographia», definida esta última como «la representación de una arquitectura en figura perspectivita, que muestra junto a la fachada también la vista lateral»; este concepto vitruviano será retomado y traducido en una doble versión de «sciographia» (corte) y «scenographia» (perspectiva) y, según Wolfgang Lotz, esta discusión originará «los dos métodos con los cuales el dibujo arquitectónico renacentista representará el espacio interior, el corte con perspectiva y el corte con proyección ortogonal» (Wolfgang LOTZ, «Das Rambild in der italienische Architekturzeichnung der Renaissance», *Mitteilungen des Kunsthistorische Institutes in Florenz*, vol.VIII, Florencia, 1956)."

Las leyes y teorías provenientes de la física, guían el análisis para comprender estas condiciones de los edificios. Además se cuentan con instrumentos que permiten recoger esta realidad y expresarla en formatos diversos.

En este sentido, para el estudio térmico de los edificios, se toman en cuenta variables físicas, basadas en las transferencias de calor como la radiación, la conductividad o la convección. Los cuales son difícilmente representados en el espacio analizado. La herramienta más usada hasta ahora, son los diagramas, que entregan información teórica del comportamiento térmico del edificio analizado.

El estudio acústico de una obra, toma como variables físicas las frecuencias, la longitud de onda y los periodos. Aplicado a las materiales y tipo formal del espacio analizado, a través de ello se conocen la resonancia, la absorción o la reverberancia de los materiales estudiados.

El conocimiento térmico-acústico de un edificio exigido hoy en día para el correcto funcionamiento de nuestros edificios, da la opción de incluir nuevas formas de representación del espacio.

OBJETIVOS

La propuesta de este trabajo es ampliar el campo de aplicación de la termografía y ubicarla en el campo de las técnicas de representación arquitectónicas actuales.

Además se comprobó de forma experimental las limitaciones y aportaciones que se supone al aplicar esta técnica de análisis. Con ello se realizó el estudio de un caso concreto, como es el análisis de una pieza de hormigón, con humedad en su interior.

A continuación se ha realizado un levantamiento histórico sobre como la ciencia y la representación arquitectónica han ido evolucionando en la historia, a fin de reconocer en la termografía una técnica de comprensión del espacio, como lo son el alzado, plantas, cortes, fotografías y maquetas. De esta forma poder ser aplicada en el desempeño cotidiano de los arquitectos.

1. Ciencia y técnicas de representación arquitectónicas

La concepción de una obra de arquitectura se produce por medio de una serie de habilidades, proveniente de diversas disciplinas. Sobre ello ya pensaba Vitrubio (2000), que además del conocimiento particular de la arquitectura se deben tener otras áreas contempladas. *"Es necesario que sepa escribir para formar los tanteos y cálculos de las obras que se le ofrezcan. Debe saber dibujar para formar los planos y elevaciones de los Edificios. La geometría le es también necesaria para tomar sus lineamientos. Le es preciso saber aritmética para formar sus cálculos. Debe saber historia a fin de que pueda dar razón de la mayor parte de los ornatos o adornos que se fundan en ella... La filosofía natural le es también precisa para descubrir las causas de muchas cosas a que debe poner remedio."* Es bajo estas premisas donde el arquitecto basa su conocimiento y construye sus obras.

Por otro lado Bruno Zevi (1981), cree que "... el método de representación de los edificios que encontramos aplicado a la mayoría de las historias del arte y de la arquitectura se sirve de: a) plantas; b) frentes y secciones; c) fotografía. Hemos afirmado que estos medios, considerados aisladamente o en su conjunto, son insuficientes para representar completamente el espacio arquitectónico."

La interpretación obtenida de una obra arquitectónica, es escasa si las comparamos con otras disciplinas, la variedad de herramientas que hemos contado para poder hacer el análisis de una obra de arquitectura, suele ser poco si se compara con la variedad de herramientas con que cuentan otras disciplinas como por ejemplo lo hace la medicina.

Los medios científicos y artísticos con que contamos para expresar la obra de arquitectura, son: levantamientos de planos, croquis, fotografías, maquetas físicas y virtuales, pero aun no son suficientes para conocer una obra, por ello se debe seguir investigando sobre otros instrumentos para interpretar la realidad.

2. La fotografía y la termografía como técnicas de representación

Antes de continuar, se debe ver de forma aparte a la fotografía. Que a partir de fines del SXIX permitió ampliar los sistemas de representación arquitectónica. La fotografía se posicionó como un dato fidedigno de la realidad que registraba. Si bien es cierto que existe un valor personal dado por el fotógrafo, no disminuye la capacidad de que sus registros sean capaces de reflejar el presente de un edificio. W. Benjamin (1931), explicaba la importancia del retrato realizado por la fotografía, en oposición a lo que se ven normalmente con los ojos. Debido a que de esta se extrae una reflexión, se construye una conciencia ante la realidad que se refleja en la fotografía.



"La naturaleza que habla a la cámara es distinta a la que habla a los ojos; distinta sobre todo porque es un espacio elaborado inconscientemente aparece en lugar de un espacio que el hombre ha elaborado con conciencia. Es corriente, por ejemplo, que alguien se dé cuenta, aunque sólo sea grandes rasgos, de la manera de andar de las gentes, pero seguro que no sabe nada de su actitud en esa fracción de segundo en que se alarga el paso".⁷

Entrando al siglo XIX, el científico francés Niépce logró obtener una de las primeras imágenes fotográficas, consiguió detener el tiempo y plasmarlo en una imagen. La fotografía más antigua que se conserva es una reproducción de la imagen conocida como Vista desde la ventana en Le Gras, obtenida en 1826 con la utilización de una cámara oscura y un soporte sensibilizado mediante una emulsión química de sales de plata. (Fig. 1).

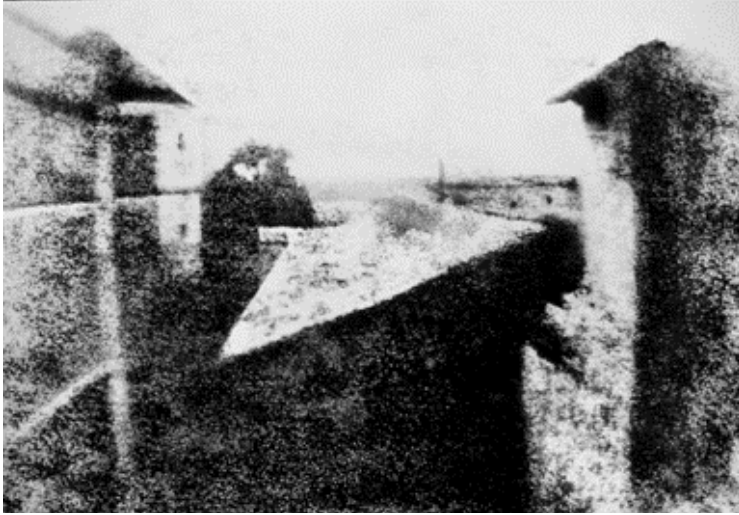


Fig. 1. La Fotografía de Niépce, tomada en 1826.

De todas formas los inicios de la fotografía no fueron recibidos de manera tan optimista, como se debió esperar, esto es relatado en la *breve historia de la fotografía* de W. Benjamín, el cual nos explica que esta fue considerada como una blasfemia, ya que existió la tendencia a pensar que el hombre era creado a imagen y semejanza de Dios, y no podía fijarse su imagen divina por medio de una máquina creada por el hombre. El invento de Niépce y Deguarre, no tuvo un inicio claro hasta que en 1939, cuando el físico y político francés, François Arago, presentó el invento ante la academia de ciencias Francesa, con un potente discurso, donde destacó la siguiente frase:

*"Cuando los inventores de un nuevo instrumento, lo usan para observar la naturaleza, lo que se espera encontrar es siempre ínfimo en comparación a la serie de descubrimiento que se sucede a esta contribución"*⁸

Arago sabía de los alcances inimaginables que traería la fotografía en la siguiente época. Para nuestros fines existe un gran parecido entre los pasos de la fotografía y de la termografía, como es que ambos se basan en la captura de las ondas electromagnéticas, el resultado de la imagen obtenida es familiar a la comprensión humana, ambos son subestimados en sus inicios, y tienen una aplicabilidad muy amplia. En este trabajo tomaremos de este discurso la posibilidad del nuevo instrumento, que permite captar la realidad, pero obteniendo información sobre otro plano de la naturaleza.

3. La termografía como técnica de representación

El caso de la termografía permite representar el espacio desde un enfoque distinto de herramientas tradicionales, debido que la información que recoge esta en relación al comportamiento térmico de sus elementos (muros, vanos, techumbre, piso) y el entorno que lo rodea.

⁷ BENJAMIN, Walter, 1931, *A short history of photography*, seminario Die Literarische Welt. Traducción del autor

⁸ Ibid 2

La termografía, es el proceso de producir una imagen visible en dos dimensiones, en virtud de sus diferencias en la radiación electromagnética emitida, siendo detectadas por un aparato receptor.

Los primeros registros que existen de una imagen termográfica, fueron del evaporografo, que es un aparato que graba en forma de imagen el espectro infrarrojo sobre una membrana, del cual se derivan el desarrollo de las maquinas termográficas actuales. Fig.2



Fig. 2. Imagen de mujer con gafas, con un vaso de agua en la mano. Tomada por Gene W. McDaniel and David Z. Robinson en 1962, en marco de investigación sobre el mejoramiento de la imagen del evaporografo.

Actualmente la imagen obtenida de la cámara termográfica está en formato digital y se llama termograma, existen diferentes tipos de termograma, que varían según los cambios de la gama de colores. Estos colores representan las temperaturas de la escena analizada (Fig. 3). Podemos clasificarlo en tres categorías: en contrastadas, degradadas o mixtas.

Las imágenes con contrastes son aquellas donde el color cambia abruptamente entre una temperatura y otra, se recomiendan para imágenes donde es necesario captar diferencias de temperatura en áreas reducidas.

Las imágenes con degradado son aquellas las cuales tienen un tono homogéneo entre temperaturas similares, destacando una diferencia mayor entre las temperaturas extremas, es recomendable para imágenes panorámicas.

Las imágenes mixtas o con degradado inverso, son aquellas que combinan ambos métodos destacando las temperaturas extremas y en degrade muy suave el resto de la imagen, se usa principalmente para detectar las zonas de mayor contraste de temperatura.

El uso de la cámara termográfica está actualmente relacionado a temas de inspección técnica, específicamente como un método de inspección no destructiva, los cuales son una serie de herramientas que permiten estimar diferentes características de un material o de los elementos del edificio analizado, todo esto sin producir daño alguno.

Se puede saber mucho de un elemento constructivo a través de este método, como estimar su resistencia, humedad, estado de deterioro, puntos de fugas, puentes acústicos o térmicos, localizar tuberías de agua, gas, eléctricas, y diferentes tipos de aplicaciones que van apareciendo día a día.

La técnica tiene ventajas e inconvenientes, según González (2006), como:

- **Ventajas:** Inspección rápida y sin contacto. Resultados en imagen relativamente fácil de interpretar (termograma). Detecta fácilmente anomalías por efecto del agua. Diferentes tipos de aplicaciones.
- **Desventajas:** Problemas en detectar la energía de la superficie estudiada. Irregularidad en la superficie producto de excitaciones. Capacidad limitada de la detección de defectos bajo la superficie. Alteración de la imagen producto de las transferencias de calor (convección, conducción, radiación). Limite en el análisis de cierto tipo de espesores.



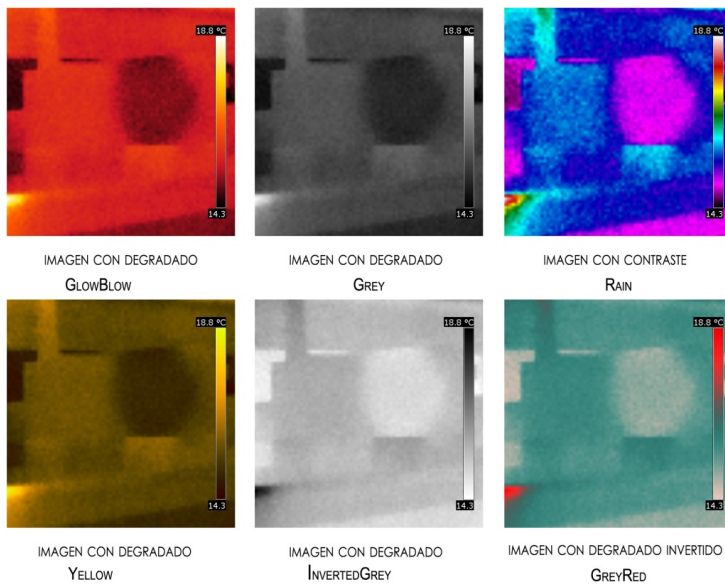


Fig. 3. Tipo de opciones de la cámara termográfica para ver los termogramas. Las diferencias de colores están en relación al interés a destacar en la imagen analizada. Estos se pueden clasificar en imágenes con: Degradado, contraste y Degradado invertido.

A esto se le suma que actualmente la termografía pasa por un importante crecimiento. Debido que desde los últimos 20 años se ha producido una gran mejora en la fabricación de cámaras termográficas, haciendo de ellas más transportables y de un peso más ligero, facilitando su uso en terreno. A esto se suma la gran calidad de la imagen que se obtiene del área analizada.

Otro factor que propicia el uso de la cámara termográfica en la actualidad es en el interés de los fabricantes en reducir los precios de este producto y de sus complementos. Además se ofrecen software y cursos de preparación, con la finalidad de hacer lo más sencillo posible la implementación de esta tecnología en sus operarios.

Es esta situación que ha llevado a generalizar su uso y aumenta cada día más la posibilidad de contar con este tipo de herramienta en nuestro desempeño profesional.

4. Principios de la termografía

Todo cuerpo a temperatura superior a cero grados (-273,15°C) emite radiación electromagnética y ésta es reconocida por la cámara termográfica. Estas registran la diferencia de radiación emitida en la zona del espectro que corresponde al infrarrojo procesándola para la obtención de una imagen digital final.

El principio de la termografía tiene relación con el fenómeno de la radiación electromagnética. Estas ondas se propagan a la velocidad de la luz c por el vacío, definida por las características de su longitud de onda λ , la frecuencia de oscilación f y el período T . En cualquier otro medio la velocidad v de las ondas electromagnéticas se define como en la [ec. 1].

$$v = \lambda \cdot f = \frac{c}{T} \quad [\text{ec. 1}]$$

El espectro electromagnético se divide en "bandas", las cuales están determinadas por el valor de la frecuencia de la onda electromagnética. Todas estas bandas se encuentran regidas por las mismas leyes de la física y la única diferencia es su longitud de onda. En la fig. 4 se muestra el espectro electromagnético en el vacío; además se relacionan las longitudes de ondas con sus frecuencias correspondientes, destacando el espectro infrarrojo y la banda infrarrojo lejano.

La banda espectral del infrarrojo, con la cual trabaja la técnica de la termografía, se divide en cuatro bandas (fig.4), ubicadas entre la radiación del espectro de luz visible y las ondas microondas:

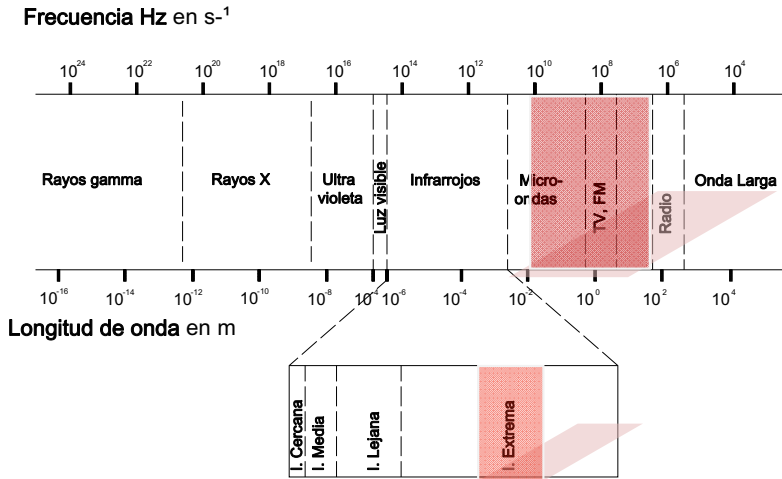


Fig. 4. Espectro electromagnético expresado en su longitud de onda y frecuencia. Se destaca el rango del espectro infrarrojo y la banda infrarroja lejana, al que pertenecen la mayoría de los equipos termográficos usados en la construcción.

El considerar un espectro más del campo electromagnético nos permitiría obtener información complementaria a los obtenidos solamente del campo visual, cuyos rangos se encuentran entre los 10^{-4} y 10^{-5} m. El rango que detecta las cámaras termográficas utilizadas en la inspección de obras civiles es el espectro infrarrojo lejano. La transferencia de calor entre los cuerpos se hace por medio de tres procesos, según el principio físico que regula el transporte de la energía: conducción, convección y radiación.

La termografía capta la radiación emitida por una superficie, la cual es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura superficial del objeto, como fue descrita en la ley de Stefan-Boltzmann, donde la Irradiancia espectral total W_b de un cuerpo negro, σ , es la constante de Stefan-Boltzmann (5.67×10^{-8} W W/m²) y T es la Temperatura absoluta del objeto. La ec. 2, define que la Irradiancia intrínseca de un cuerpo negro es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta (W/m²).

$$W_b = \sigma T^4 \quad [ec. 2]$$

La emisividad es un parámetro que depende de las distintas características de los materiales, su valor varía entre 0,0 y 1,0. Además del material se debe tener en cuenta otros factores que afectan la emisividad: el estado de la superficie, la temperatura y la longitud de onda; también hay estudios que asocian al ángulo de visión como otro factor a considerar.

De todas formas cabe mencionar que la gran mayoría de los materiales de la construcción tiene una emisividad elevada por sobre los 0,80, exceptuando los cristales, cerámicos y metales. Mientras más alta sea más fiable será la medición. La ASTM Standard E1933, 1999⁹ (2005) advierte que la emisividad de una superficie opaca con valor inferior a 0,5 tiene una alta probabilidad de no ser precisos.

Por otro lado el funcionamiento de las cámaras termográficas ha sido en términos generales el mismo desde sus inicios. Su composición está basada por un sistema óptico, un transductor y un sistema de representación.

Sistema óptico: Lentes. Inicialmente en la época de Herschel, las lentes se fabricaban con cristales de cualquier tipo. Posteriormente se pasó a emplear sal de roca (NaCl). Esta se usó desde 1830 hasta 1930 aproximadamente, siendo reemplazada por materiales sintéticos. Hoy en día se usa lente de germanio, para las cámaras portátiles de aplicación en obras.

Transductor: es el sistema donde se produce la conversión de la señal infrarroja en una señal que pueda ser interpretada por algún sistema de representación de imagen. Para ello se ha utilizado diferentes sistemas de detecciones de radiación infrarroja.

Sistema de representación: son los dispositivos para la obtención de imagen. Estos convierten la señal que proviene del transductor en una imagen digital visible.

El actual dispositivo se define como matriz de plano focal, Focal Plane Array (FPA). Se compone por un conjunto de píxeles, y sus tamaños y proporciones van cambiando según el tipo de cámara. En estos casos un



"pixel" es la unidad más pequeña de una matriz focal y hace referencia a una unidad del área observada. Es de esta forma que en una imagen digital está compuesta por una determinada cantidad de píxeles y cada pixel indica la temperatura reflejada de la escena estudiada.

5. Aplicación de la termografía sobre un objeto controlado

La termografía relaciona las diferencias de temperaturas y emisividad reflejada. Estas reflexiones producidas en la superficie, provienen de las radiaciones de energía del material y de los efectos de flujos de convecciones del medio ambiente.

Por ello se construyó una parte experimental que dio a conocer el real alcance de la cámara termográfica sobre un material típico de una obra de edificación. Para ello el material ha sido analizado de forma asilada y en un ambiente controlado.

Se decidió estudiar como material el hormigón, por su alta demanda en el campo de la construcción. Para esto se confeccionó una pieza de hormigón, la cual fue elaborada y analizada en laboratorio a fin de descubrir su comportamiento térmico y por lo tanto su expresión grafica en el termograma. Con este tipo de metodología se destacó la capacidad de este tipo de herramienta, para medir las variables térmicas del elemento, con el fin de poder recoger aquello que el croquis, la fotografía u otro sistema de registro no destaca de forma directa.

La pieza de hormigón, fabricado en el laboratorio, tuvo las siguientes características, dosificación: a/c 0,5, CEM kg/m³, agua 180 Kg/m³, arena 1238 Kg/m³ grava 694 Kg/m³, consistencia blanda, de medidas 60 x 20 x 7,5 cm de espesor. Se utilizó una cámara termográfica Flir i5.

Luego se penetró agua a la pieza de hormigón según la norma UNE-EN 12390-8, "Ensayo de hormigón endurecido", Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión. Esta consiste en introducir el agua en la pieza de hormigón a una presión de 500 kPa durante 72 h. Posteriormente la pieza se dejó 24 h a temperatura ambiente para que desaparezca la humedad en la superficie. Por medio de posteriores pruebas destructivas realizadas a una muestra de hormigón, sabemos que la penetración final alcanzó los 3 cm, siendo de forma esférica, como se observa en la fig. 5. a.

El procedimiento utilizado para realizar la toma de imágenes con la cámara termográficas, es la "termografía activa pulsada en largos periodos". Esto consiste en que la toma de imágenes termográficas se van comparando luego de aplicar el aumento de calor, durante un tiempo determinado. Se realizó una serie de 7 mediciones de la pieza con inyección de agua. Se utilizó un sólo foco de 500 W de potencia ubicado a 0,68 cm de la muestra, como se ilustra en la fig. 5. b. La medición con la cámara termográfica se programó a los 0, 5, 15, 25, 35, 45 y 70 min.

Las imágenes están tomadas a una distancia de 0,68 m y se componen de tres tomas: dos en los costados y una central, que en su conjunto completan la imagen total de la pieza (fig. 5.c)

652

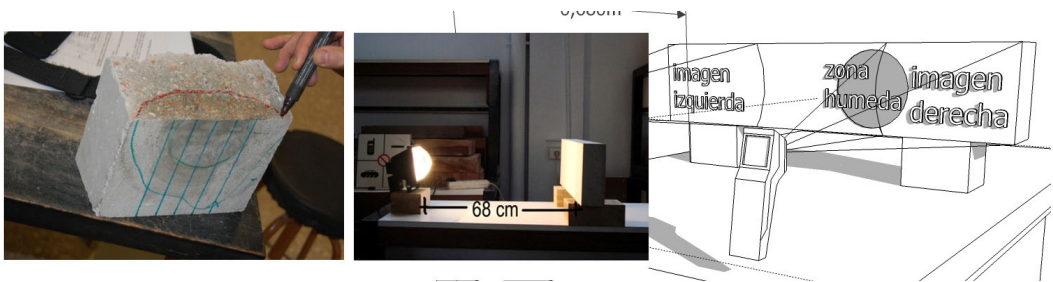


Fig. 5. (a) Probeta de hormigón, se ha realizado una prueba destructiva para saber cuánto es la penetración de agua en la muestra. (b) Distancia entre foco y muestra de hormigón. (c) toma de imágenes realizadas: izquierda, centro y derecha.

Por medio de los termogramas se verificaron las condiciones ambientales del laboratorio, comenzando por la temperatura. Se debe señalar que los valores de temperatura corresponden de temperatura aparente, debido a los constantes cambios de temperaturas que existen en el medio ambiente producto de la transferencia de calor entre los cuerpos en busca del equilibrio térmico.

De la toma de registros se obtuvieron los siguientes resultados. Al inicio de las pruebas, donde aun no se aplicaba una fuente de calor para aumentar los diferenciales de temperatura entre zona húmeda y seca. Las tomas realizadas fueron: **imagen izquierda**, la más alejada de la zona húmeda. **Imagen centro**, la zona seca más cercana a la zona húmeda. **La imagen derecha** corresponde a la zona húmeda (Fig. 6 b). Las

temperaturas al inicio a temperatura ambiente eran de 14°C y 16,3°C en zonas secas y de 15,8°C en zona húmeda. Luego de aplicar durante 70 minutos una fuente de calor exterior las diferencias de temperatura aumentan a 25,9°C y 34°C, en zonas secas y quedando en 21,9°C, en la zona húmeda, dando un diferencial de 12,1°C entre la zona húmeda y la zona donde se le aplicó calor de forma directa. (fig. 6.a). Por otro lado el cambio en los termogramas no es suficientemente claro, por lo cual es necesario un análisis posterior de las imágenes, para poder detectar las diferencias de temperatura. (fig. 6.b)

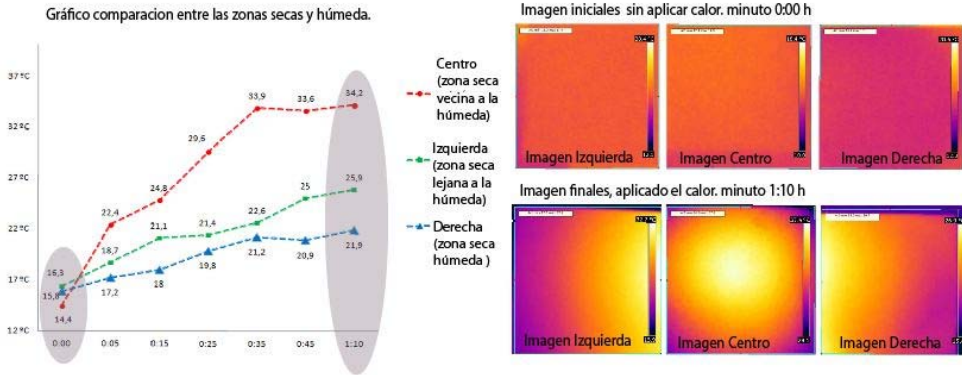


Fig. 6. (a) Grafico de cambios de temperaturas en las 3 zonas de la pieza de hormigón. (b) termogramas de la pieza al inicio y final del experimento.

Los resultados de los registros obtenidos sobre la pieza de hormigón, se mantuvieron sobre temperaturas y humedades relativamente constantes, solo se introdujo un factor diferencial, que fue la aplicación de calor por medio de una fuente externa.

Las pruebas realizadas en estado natural no revelaron indicación de humedad debido a lo similar de las temperaturas entre las zonas secas y húmedas. Las diferencias entre las zonas secas y húmedas llegaron a ser alrededor de 12°C después de 35 min de aplicar calor sobre la superficie.

Se obtuvo que la cámara utilizada para esta etapa, la Flir i5, registraba a la distancia de 0,6 m, una imagen compuesta por un tamaño de pixel de 0,76x0,76 cm, dando un total de 576 pixeles por imagen. Lo cual asegura un grado de fiabilidad en el comportamiento térmico de la imagen.

Por otro lado la imagen derecha de la pieza, que es donde está la zona húmeda, presenta el mayor contraste de temperatura. En la fig. 7, se ve la misma toma, con diferentes termogramas, la temperatura máxima es de 26,9°C y la mínima es de 15,4°C. En cada el tipo de termograma se puede ver :(a) el comportamiento creciente de la temperatura del color mas azul al amarillo, en el caso (b) se presentan en forma opuesta las zonas de mayor temperatura (color rojo) y las de menor (color azul) o la de contraste (c), donde cada 1 grado de temperatura cambia a un color opuesto al anterior.

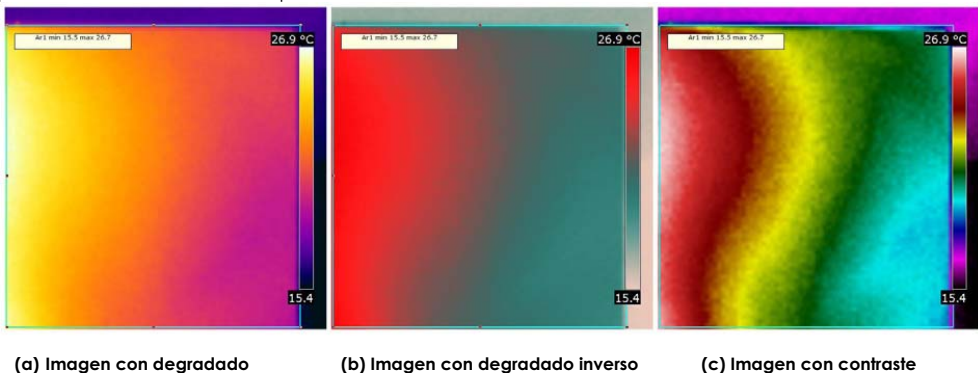


Fig. 7. Imagen derecha, que refleja la zona humedecida. En cada una de las imágenes se ve la misma temperatura pero con diferentes gama de colores.

Estos tipos de termogramas expresan diferentes formas de representar las condiciones térmicas de un elemento.



La diferencia entre ellos depende del tipo de uso que se pretende dar. En el caso de una representación espacial. La imagen con degradado, tiene ventajas porque realiza un mapa térmico de una escena con la lógica que las zonas frías tienen colores más azules y las zonas cálidas más rojas. Y entre ellos van cambiando suavemente hasta llegar a las temperaturas extremas.

CONCLUSIÓN

Sin duda el uso de la termografía permite encontrar nuevas características sobre el espacio que analizamos y construimos. La propuesta de este trabajo fue ampliar el campo de aplicación de esta técnica, realizando una revisión histórica de las representaciones arquitectónicas.

El uso de la termografía puede ampliar la comprensión del entorno. Además permite tomar registro a tiempo real el comportamiento térmico de los espacios. Estos datos pueden dar un conocimiento que permite mejorar futuros diseños.

Por medio de esta investigación se da cuenta que la situación térmica de una pieza de hormigón en estado húmedo es posible de ser percibida por la cámara termográfica a pesar que esta no sea notoria en la superficie. En el apartado experimental se observa que las temperaturas más bajas de las imágenes registradas corresponden a las zonas humedecidas. Los datos arrojados en laboratorio sobre la pieza de hormigón podrían alcanzar diferenciales de 12°C entre zonas secas y húmedas. Siempre cuando se aumente el diferencial de temperatura al elemento estudiado, esto puede ser de forma natural (soleamiento) o artificial.

BIBLIOGRAFÍA

BENJAMIN, Walter, 1931, *A short history of photography*, seminario Die Literarische Welt.

BORDEN, Iain, 2007, *Imaging architecture: the uses of photography in the practice of architectural History*, *The Journal of Architecture*.

DE LA PUENTE J., Rodríguez J., *Inspección termográfica de fachadas de edificios. Comentarios a la norma europea EN 13187*. Congreso Ibérico de aislamiento térmico y acústico, Gijón, España, 2004.

Gene W., McDaniel, Arthur P., Di Mattia, 1962. *Inspecting Infrared Optical Materials and Systems by Means of the Evaporograph*, *APPLIED OPTICS*, Vol. 1, 483-492.

GÓMEZ-BLANCO PONTES, Antonio J, 2008, *Propedéutica para una análisis documental del dibujo de arquitectura*, Editorial de la Universidad de Granada, pp.11-23

GONZÁLEZ FERNÁNDEZ. Daniel, 2006, *Contribuciones a las técnicas no destructivas para evaluación y prueba de procesos y materiales basadas en radiaciones infrarrojas*, Universidad de Cantabria. Tesis dirigida por José Miguel López Higuera.

GONZÁLEZ-VARAS IBÁÑEZ, Ignacio; 2010, *La infografía como herramienta docente en arquitectura: su utilización como instrumento para reconstrucciones virtuales, análisis constructivos y estructurales y documentación de la evolución histórica de los edificios*, II Jornadas sobre la enseñanza de las ciencias y las ingenierías.

GUNTHER, Hubertus, 1994, *catalogo della Mostra Rinascimento - da Brunelleschi a Michelangelo, Venezia, Palazzo Grassi*,

POZO, José Manuel, 2002, *Geometría para la arquitectura*, Escuela Superior de Arquitectura. Universidad de Navarra, Pamplona

VITRUBIO traducida por Agustín Blánquez, M.L., 2000, "Los diez libros de arquitectura", ed. Iberia, S.A. , Barcelona

ZEVI, Bruno, 1981, *saber ver la arquitectura*, Ed. Poseidon, Madrid.

LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO HERRAMIENTA DE REPRESENTACIÓN Y GESTIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Ernesto FAUBEL CUBELLS
Jorge GIRBÉS PÉREZ
Enric HERNÁNDEZ MUÑOZ

Universidad Politécnica de Valencia
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica

Resumen

The mapping can be simultaneously considered a science (their bases are mathematics), an art (presents qualities of form -aesthetic, expressiveness and readability- for getting the most of the visual capabilities of the observer about a graphical representation of the territory) and a technique (needs a series of instruments to produce it and exploit it). The introduction of Geographic Information Systems (GIS) was a profound revolution in the field of cartography. The degree of penetration of this type of systems in our lives, has suffered a spectacular growth in recent years. In regard to the professional use in general and focusing on the area of building, its use has also grown to a large extent. Both public administrations as well as large service companies, introduced between their information systems with a dual objective: Management and Support to decision-making.

Texto comunicación

(Este apartado debería estar estructurado en INTRODUCCIÓN + OBJETIVOS + CONTENIDO + CONCLUSIONES)

INTRODUCCIÓN

La cartografía es la ciencia que se ocupa de la preparación y construcción de los mapas reproduciéndolos en una superficie plana. Para encontrar el origen de la cartografía hay que remontarse a mucho antes de aparición del relato escrito. Los mapas se utilizaron para establecer distancias, recorridos, localizaciones... y así poder desplazarse de unos lugares a otros.

Los mapas más antiguos que existen fueron realizados por los babilonios hacia el 2300 a.C. Los mapas actuales se basan en la geografía matemática que se inició en la Grecia clásica, y aunque los avances cartográficos conseguidos por los griegos llegaron a niveles de perfección que no volvieron a ser igualados hasta el siglo XV, la idea general del mundo de la que partían no era muy distinta de la de los babilonios. Fueron los sabios cosmógrafos, astrónomos y matemáticos los que establecieron las primeras directrices para la representación científica de la superficie terrestre.

Un SIG consiste en información de naturaleza diversa sobre un determinado territorio, almacenada en un conjunto de bases de datos tanto gráficas como alfanuméricas, cuya relación con el territorio se realiza a través de un sistema de referencia geográfico y se gestiona a través de uno o varios programas informáticos específico; el conjunto es soportado por un sistema de equipos informáticos y por un personal especializado

655



Fig 1. Esquema de componentes de un SIG. 2009. Lincoln Institute of Land Policy

El Dr John Snow fue el precursor de los Sistemas de Información Geográfica, en 1854 cartografió la incidencia de los casos de cólera en un mapa del distrito de SoHo en Londres. Este "protoSIG" permitió a Snow situar con suficiente precisión el foco origen del brote de cólera, que correspondió a un pozo de agua contaminado.

El primer SIG como lo conocemos actualmente, es el Canadian Geographical Information System – CGIS, iniciado en 1964 y activo desde 1967. Se dedica al inventario y planificación de ocupación del suelo en grandes zonas. (Departamento de Agricultura de Canadá – Roger Tomlinson, IBM)

Los SIG son sistemas de gestión de bases de datos geográficas, que permiten el manejo simultáneo de planos digitales y de los datos asociados a los mismos.

Constituyen una ayuda imprescindible para gestionar recursos y actividades en los que la componente geográfica (el territorio) sea un aspecto crítico.



Su utilización permite el análisis de la localización y las relaciones espaciales entre dichos recursos y actividades.

Los SIG ofrecen una amplia variedad de aplicaciones ya que se utilizan para:

- Explicar sucesos.
- Predecir tendencias.
- Planificar estrategias.
- Resolver problemas.
- Tomar decisiones.
- Presentar eficazmente sus ideas.
- Realizar consultas espaciales.

El ciclo de desarrollo en el sector, está influenciado por varias fuerzas que actúan sobre el mercado.

La primera de ellas es la especialización. En su fase inicial los SIG eran productos diseñados por y para especialistas, más orgullosos de la herramienta que preocupados por su aplicación productiva.

En segundo lugar aparece la integración, pues los SIG están diseñados para cumplir labores muy específicas como el mantenimiento de redes eléctricas o el análisis y evolución de una clientela. Este factor implica que es clave una capacidad de diálogo e interoperabilidad entre las aplicaciones y las fuentes de información.

Desde el momento que los productos de consumo comenzaron a utilizar parte de los componentes de un SIG en forma transparente, se dio un paso importante hacia el logro de la integración absoluta. Ejemplos son los sistemas de navegación para automóviles o los puestos de información.

Precisamente la información es la tercera fuerza que interviene en el desarrollo. Mayor que el costo del software o del hardware que se debe instalar para poner a funcionar un sistema de este estilo, es el de la base de datos que deberá manejar el mismo.

Si bien es cierto que los organismos públicos han generado grandes volúmenes de información para sus proyectos, lo que representa una disminución de los costos al permitir su reutilización, esta no es una solución definitiva, pues antes de ser útil para una aplicación distinta a aquella para la que fue diseñada, tal información deberá ser reelaborada.

Hay otros factores que han influido para que el uso de los SIG se haya extendido a actividades de distribución, planificación, logística y marketing. Las herramientas que proporcionan permiten localizar a los clientes, a la competencia, los puntos de venta y, en general, cualquier tipo de información que pueda prestar una ayuda efectiva en un proceso de toma de decisiones. Estas operaciones, así como definir territorio de ventas, abrir o cerrar una sucursal, o situar publicidad estática son decisiones con un claro componente geográfico.

Los datos SIG representan los objetos del mundo real (carreteras, usos del suelo, altitudes). Se pueden almacenar de dos formas:

- Raster: imagen digital representada en mallas. Para elementos continuos. Ej: MDT
- Vectorial: los elementos gráficos mantienen las características geométricas de la figuras. Para elementos discretos

OBJETIVOS

La presente comunicación pretende dar una visión del papel que juegan los Sistemas de Información Geográfica en el mundo de la expresión gráfica y su repercusión en la gestión de los profesionales que pertenecen al ámbito de la edificación.

En cuanto a la expresión gráfica se abordarán las diferentes formas de representar la información y la componente estética de los mapas. Con respecto a la gestión en el mundo de la edificación, se verá el papel tan importante que juegan los SIG en el tratamiento de la información y en la toma de decisiones.

CONTENIDO

Como se ha mencionado anteriormente, la Cartografía tiene un componente artístico. (3) Esto se ha visto en forma de adorno cartográfico (grandes mapas utilizados a modo de decoración, ficciones cartográficas o decoración mural cartográfica)

Obviamente es muy complicado considerar un mínimo componente artístico en la expresión gráfica que suponen las representaciones cartográficas a través de los Sistemas de Información Geográfica, pero sí que es cierto que para el procesamiento de la información que se realiza hasta llegar al producto final de un mapa, intervienen aspectos estéticos que pueden hacer que el resultado final sea de una calidad gráfica y estética aceptable o no. Normalmente priman aspectos prácticos que permiten una explotación de la información más eficiente, pero en ningún caso debemos descuidar determinadas cuestiones que pueden convertir un documento útil en un documento estéticamente agradable (por supuesto sin producir un menoscabo en su utilidad).

Al margen de la utilización de diferentes tipos de leyendas y gamas de colores coherentes con lo que tratan de representar, la inclusión de elementos adicionales en los mapas (leyendas, localizadores, títulos, indicadores de escala, flecha de norte, guías laterales,...) pueden mejorar en gran medida la presentación de los documentos finales.



Fig 2. Elementos gráficos de un mapa. 2012. Programa gvSIG

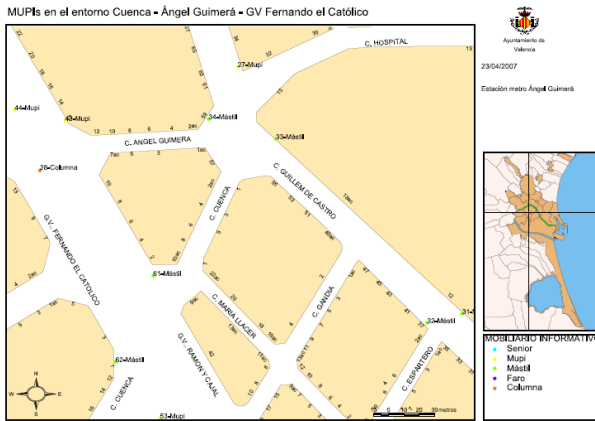


Fig 3. Ejemplo de mapa. 2007. Elaboración propia

Es obvio el hecho de que la elección del tipo de leyenda a utilizar dependerá en gran medida del tipo de información que queramos representar. A grandes rasgos, podemos diferenciar los siguientes tipos de leyendas:

- **Símbolo Único:** representa todos los elementos de una capa usando el mismo símbolo. Es útil cuando necesite mostrar la localización de una capa más que cualquiera de sus atributos.
- **Valores Únicos:** Puede representar cada registro con un símbolo exclusivo según el valor que adopte en un determinado campo de la tabla de atributos. Es el método más efectivo para desplegar datos categóricos, como municipios, tipos de suelo, etc.
- **Intervalos:** Este tipo de leyenda representa los elementos de una capa usando una gama de colores. Los intervalos o colores graduados son usados principalmente para representar datos numéricos que tienen una progresión o gama de valores, como la población, la temperatura, etc.
- **Etiquetado:** Permite añadir textos o etiquetas a la vista de forma automática en función de los valores que adopta cada elemento en un determinado campo de su tabla de atributos.

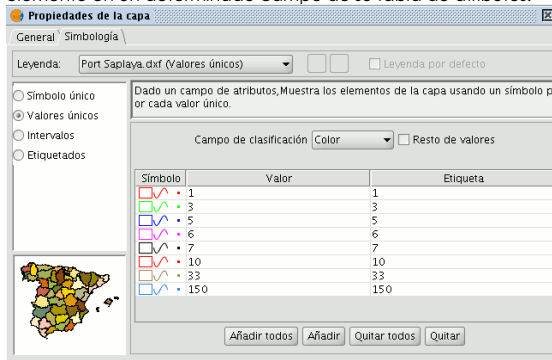


Fig 4. Simbología por Valores Únicos. 2012. Programa gvSIG

Cualquier programa nos suele permitir las siguientes opciones de configuración de simbología:

- **Relleno:** Permite seleccionar el color de relleno.
- **Tipo de relleno:** Permite seleccionar el tramado del relleno.
- **Línea:** Permite seleccionar el color de la línea.
- **Tipo de línea:** Permite seleccionar el estilo de la línea.
- **Sincronizar el color del borde con el del relleno.**
- **Grosor de línea:** Permite definir el ancho de la línea.
- **Transparencia:** Permite otorgar un grado de transparencia a los elementos. Así, se puede superponer capas de polígonos sin impedir su visualización.

En caso de elegir la representación por Intervalos, habitualmente se ofrecen las siguientes posibilidades:

- **Campo de clasificación:** donde hay que indicar el campo de la tabla de atributos de la capa por el que realizar la clasificación. El campo ha de ser numérico, ya que se trata de una clasificación gradual (por rangos de valores).
- **Número de Intervalos:** se indica el número de rangos o intervalos que definen su clasificación.
- **Color de inicio y Color final:** se seleccionan los colores que se utilizarán para hacer la graduación. El color de inicio para los valores más



bajos y el final para los más altos.

- Tipo de intervalos:
 - ✓ Intervalos iguales: Se especifica el número de intervalos y se divide la muestra en este número de intervalos iguales.
 - ✓ Intervalos naturales: Se especifica el número de intervalos y se divide la muestra en este número de intervalos según el método de Jenk de optimización de la localización natural de los intervalos.
 - ✓ Cuantiles: Se especifica el número de intervalos y se divide la muestra en este número de intervalos pero agrupando los valores según su número de orden.

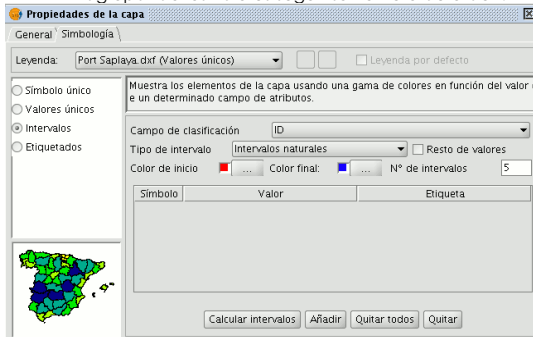


Fig 5. Simbología por Intervalos. 2012. Programa gvSIG

Cuando hablamos de representación de la edificación, no podemos obviar el hecho de que al margen de la representación en 2D a la que podemos estar más acostumbrados, se están produciendo grandes avances en la representación 3D. Funciones como Vista 3D plana, vista 3D esférica, capas de elevación, capas vectoriales con alturas, capas 3D, posibilidad de rasterizar o visualizar como primitivas gráficas las capas vectoriales, simbología 3D, extrusión de capas vectoriales, georreferenciación y edición de objetos 3D, encuadres 3D, sistema de Animación 3D, selección, información, visualización estéreo (anaglifo, horizontal split, etc), visualización a pantalla completa, búsqueda geográfica por nombre (gazeteer),... se están incorporando en los SIG.

Las administraciones públicas y las grandes empresas precisan herramientas de gestión de la información urbanística de alta precisión para acometer cálculos y evaluar escenarios de reordenación de los tejidos consolidados.

En la gestión de cualquier administración, intervienen cantidades ingentes de información georreferenciada, que puesta en orden y gestionada correctamente pueden suponer una herramienta fundamental para mejorar el trabajo del personal al servicio de las administraciones con el fin último de que redunde en una mejor gestión de los recursos para facilitar una mejora en la calidad de vida de los ciudadanos.

Si analizamos, por ejemplo, el caso de una administración local, se maneja información de muy diversos tipos. Desde la información propiamente urbanística (usos del suelo, alturas de edificación, ...) hasta información de tráfico, seguridad ciudadana, cultural, comercial o de servicios. Es fundamental que el Sistema de Información Geográfica integre en un único repositorio de información las diferentes capas de información territorial. Ello no implica una gestión totalmente centralizada, ya que los diferentes servicios municipales serán los responsables finales de mantener la información actualizada y correcta.

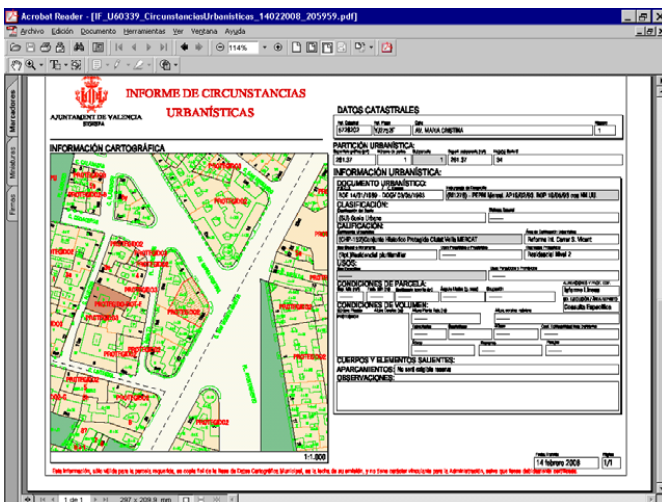


Fig 6. Informe de circunstancias urbanísticas. Elaboración propia

Los SIG suponen una herramienta de planificación urbanística y ordenación del territorio importantísima. Permite realizar simulaciones que pueden permitir trabajar con diferentes alternativas de cara a encontrar la más adecuada para cada situación. En este sentido, suponen una potente herramienta de apoyo a la toma de decisiones.

Con ellos es posible resolver con más facilidad complejos problemas de asignación óptima de actividades al territorio, considerando para ello tanto su aptitud intrínseca, como el posible impacto ambiental de la localización, en ese punto del territorio, de una concreta actividad.

El crecimiento descontrolado de las ciudades sin aplicación de criterios de control adecuados, ha generado una degradación de las mismas y una situación que las convierte en poco sostenibles. La tendencia surgida recientemente de Ciudades Inteligentes, ha supuesto un paso importante para la racionalización de los recursos a través de las nuevas tecnologías. En este caso, la aplicación de los SIG es una vez más fundamental.

Un importante elemento auxiliar en la tarea de planificación urbana son las Técnicas de Evaluación Multicriterio que, unidas a los SIG, forman una potente herramienta de gran utilidad y validez.

Se pueden utilizar conjuntamente para resolver diversos tipos de problemas de planificación ambiental: localización de equipamientos e instalaciones de carácter ambiental (vertederos, centrales nucleares...); determinación de la traza de mínimo impacto medioambiental de infraestructuras lineales (carreteras, redes de tendido eléctrico...) y la asignación de nuevos usos y formas de ocupación del territorio (selección de zonas a proteger, determinación de polígonos industriales, etc).

En la planificación territorial se incluyen las actividades, realizadas por cualquier agente público o privado, para establecer políticas que deben ser seguidas por la población y otros agentes económicos en cuanto al uso de los recursos naturales, la protección del medio ambiente y la asignación de las diferentes actividades.

Un proceso como la ubicación de un equipamiento o de una parada de transporte público, puede ser muy sencillo gracias a la utilización de herramientas SIG. Estudios de edificabilidad, visibilidad, densidad, etc, son hoy en día impensables sin la aplicación intensiva de este tipo de aplicaciones.

Al margen de suponer una representación muy intuitiva de la información territorial, nos ofrece unas potentes herramientas de análisis espacial como son la obtención de áreas de influencia (buffers) y las relaciones espaciales (unión, intersección, inclusión,...)

CONCLUSIONES

Se ha analizado el papel de los SIG en la expresión gráfica, tanto desde la perspectiva de la forma en la que se representa la información cartográfica, como desde la perspectiva de la funcionalidad que ofrecen para gestionar eficientemente el territorio y para el apoyo a la toma de decisiones.

Hoy en día, la utilización de este tipo de sistemas es importantísima para las administraciones públicas y para el mundo empresarial.

Referencias bibliográficas

Albardonedo Freire, A.J. 2010 La creación artística en la cartografía. Sevilla. Biblioteca Universidad de Sevilla.

Varios autores. 2007. Manual de gvSIG. Valencia. Conselleria de Infraestructuras y Transportes.

Bosque Sendra, J. , García, R. 2000. El uso de los Sistemas de Información Geográfica en la Planificación territorial. Madrid. Anales de Geografía de la Universidad complutense



Ángel José FERNÁNDEZ ÁLVAREZ

Universidad de A Coruña
Departamento de Tecnología y Ciencia de la Representación Gráfica

Abstract

The use of Information Technologies and Communication Technologies (ICTs) offers new alternatives to traditional relationships between architectural design and material production processes due to the possibility of generating information for construction directly from design information.

The application of these digital techniques, coupled with the development of new materials and manufacturing techniques and management, gives rise to a need to reconfigure the mental processes involved promoting a radical and comprehensive way of designing and building. The so-called "digital revolution" has transformed in great measure the construction sector and presents a review of the relationships between the different agents through an integration of strategies and interdisciplinary applications.

This paper presents a reflection on the new territories of formal exploration that the use of digital models and generative parametric design opens and which transform the relationship between design and representation, through the definition of complex geometries based on emerging and adaptive form properties.

This digital convergence of representation and production phases poses a profound transformation of the building process due to the fact that the complexity of the forms designed requires greater involvement in the realization of these and the need for more precise control of execution by use of CAD/CAM technology, CNC systems and rapid prototyping techniques that are radically changing design and manufacturing schemes while blurring the boundaries between architecture and engineering.

Keywords: digital design, digital manufacturing, CAD/CAM, parametric design, smart geometries.

1.- INTRODUCCIÓN

A lo largo de los últimos treinta años se ha producido una serie de avances en la tecnología digital que se han traducido en el desarrollo de potentes herramientas de visualización, sistemas sofisticados de modelización digital y bases de datos centralizadas. Estos avances permiten formas radicalmente nuevas de coordinación entre los diferentes agentes del proyecto de edificación. Los sistemas BIM (*Building Information Modeling*), por ejemplo, proporcionan una plataforma a través de la cual la construcción digital y la información de diseño procedente de fuentes diversas pueden comunicarse y coordinarse de forma efectiva con la ventaja añadida de que las herramientas digitales de gestión de costes y programas también se integran totalmente con estos sistemas.

Por otra parte, hay que considerar el fenómeno de la aparición de tecnologías de soporte como las redes inalámbricas, las tecnologías *wireless*, las aplicaciones RFID (Identificación por Radio Frecuencia), los sensores inteligentes, la computación ubicua, el *cloud computing* así como los sistemas digitales de medida, que se combinan con los sistemas anteriores para aprovechar al máximo las nuevas infraestructuras digitales, lo que se podría englobar dentro del concepto emergente de "tecnologías inteligentes".

La adopción de patrones de diseño y trabajo colaborativo produce no sólo una mejora de las comunicaciones entre los distintos agentes, lo que reduce los errores y la información redundante, sino que además permite a los "equipos" de diseño aprovechar la experiencia de los especialistas en los diversos "oficios" de una manera más significativa. Las ventajas de la utilización de estas nuevas herramientas son evidentes: exactitud, precisión, desarrollo de nuevas técnicas de fabricación, análisis de modelos de fluidos, posibilidad de detectar errores, localización de elementos, utilización de materiales alternativos y el empleo de nuevas tecnologías con materiales tradicionales.

También mencionaremos la experimentación con nuevos materiales obtenidos de la investigación científica (en campos como la nanotecnología o la biotecnología), y con nuevos procesos de edificación basados en la automatización (como la utilización de la robótica aplicada y las técnicas de *Rapid Building*). Se vuelve, en definitiva, a la vieja idea racionalista de la arquitectura entendida como una "máquina", que potencia la industrialización de la actividad edificatoria. Desde esta perspectiva el proceso ya no es totalmente lineal sino que la producción forma parte integral de la fase de diseño, y se facilita de este modo la participación colaborativa de todos los agentes (incluidos los usuarios) desde su inicio. Estaríamos ante el desarrollo de un

nuevo paradigma que consistiría en la aparición de una "inteligencia colectiva" posibilitada por las herramientas de transferencia y representación/visualización de la información.

2.- EL CONCEPTO DE REVOLUCIÓN DIGITAL

Habitualmente se utiliza el término Revolución Digital para expresar o definir el cambio de paradigma que ha supuesto la introducción del ordenador en la práctica disciplinar de la arquitectura y la edificación en el ámbito de la representación/visualización, en el de la gestión de la información y en el de la utilización del concepto de virtualidad. No hay ninguna duda acerca de que el diseño asistido por ordenador ha alterado la concepción de la arquitectura de forma similar al modo en que lo hizo la perspectiva lineal en el Renacimiento y, además, hay que añadir la posibilidad que ofrecen las nuevas herramientas informáticas para la construcción de formas de una enorme complejidad. La arquitectura algorítmica y el diseño paramétrico, que han llevado a plantear conceptos como el de "no-dibujo" (Marcos, 2010), nos enfrentan a la proliferación de propuestas formales novedosas, fenómeno que va unido al desarrollo extraordinario de la red, convertida en "biblioteca infinita a la manera borgiana" (Fernández-Galiano, 2009, p.3).

Por otra parte, resulta evidente que se ha pasado de la utilización del ordenador, dentro de un paradigma mecánico o perspectivista, a una visión de la tecnología digital como algo más que una herramienta de representación. Se ha implantado así el denominado "paradigma digital", caracterizado fundamentalmente por la no-linealidad, la velocidad y las posibilidades de cambio y mutación, hasta el punto de que se podría afirmar que el auténtico paradigma de nuestro tiempo sería precisamente el "cambio de paradigma".



Fig 1. Modular vs. Codebar, Kieran y Timberlake, 2004

Si las tecnologías digitales están modificando radicalmente la forma en que se imaginan, diseñan y se fabrican o construyen los edificios en la actualidad, se plantean las siguientes cuestiones: ¿Está la era digital dando forma a una nueva arquitectura?, ¿Se está produciendo una redefinición significativa del papel de los diferentes agentes que intervienen en el proceso edificatorio?, ¿Permitirá la aparición de un nuevo modo o de modos nuevos de edificar?, ¿Podría surgir lo que, en paralelismo con algunas definiciones de la teoría crítica arquitectónica, podríamos denominar "edificación avanzada"?

Se desplaza, por tanto, al primer plano del debate académico y profesional la cuestión de la información y de todo aquello relacionado con su producción, comunicación, aplicación, control y gestión en el campo de la edificación. Con la integración de diseño, análisis, fabricación y montaje, posibilitada por la utilización de las herramientas digitales, se pueden redefinir totalmente las relaciones entre ideación y producción y, de este modo, disciplinas como la arquitectura y la ingeniería pueden integrarse en una empresa conjunta digital y colaborativa.

Cobra fuerza por tanto la idea de que uno de los aspectos fundamentales de la edificación contemporánea no es el redescubrimiento de las formas curvas y complejas (lo que se podría denominar como "neo-barroco digital") sino la habilidad/capacidad para generar información constructiva directamente desde la información del diseño/ideación y la posibilidad de trasladarla/dirigirla hacia los nuevos procesos y técnicas de diseño y producción digital (Kolarevic, 2003).

La arquitectura contemporánea se caracteriza precisamente por su capacidad para aprovechar las innovaciones ofrecidas por la ciencia y la tecnología modernas como sucede con el tratamiento de la complejidad, la teoría del caos o los avances de la biotecnología y la nanotecnología. En el apartado conceptual se asiste a la consideración de espacios geométricos topológicos no euclídeos, a la aplicación de sistemas cinéticos y dinámicos y al empleo de criterios de diseño paramétrico y algorítmico, que están sustituyendo a los planteamientos tecnológicos de la arquitectura tradicional (Sakamoto y Ferré, 2008). Aparecen procesos digitales de diseño caracterizados por transformaciones dinámicas, abiertas e impredecibles que introducen un principio de incertidumbre y aleatoriedad. El potencial generativo y creativo del medio digital junto con los avances en los procesos de fabricación digital, desarrollados fundamentalmente en las industrias aeroespacial y automovilística, abre nuevas dimensiones en el diseño arquitectónico y en el ámbito edificatorio.



3.- DISEÑO DIGITAL: UN NUEVO PARADIGMA DE IDEACIÓN

En el diseño arquitectónico contemporáneo, la herramienta digital se usa cada vez más, no ya como una herramienta para la visualización, sino como una herramienta para la obtención de la forma y sus transformaciones en lo que se conoce como "morfogénesis digital". Las formas generadas digitalmente ya no se diseñan o dibujan según los criterios convencionales sino que son "calculadas" en función de la elección de un determinado método iterativo.

De este modo, se producen geometrías complejas con la misma facilidad que se utilizaban las geometrías euclídeas basadas en formas planas, cilíndricas, esféricas o cónicas. La planta ya no "genera" el diseño y las secciones sólo cumplen un papel meramente analítico. Retículas, repeticiones y simetrías pierden así su antigua razón de ser y la idea de variabilidad infinita se convierte en algo tan factible como la modularidad. Finalmente, la personalización en masa se presenta como una alternativa real que rompe la dinámica de la producción en serie. El énfasis se desplaza desde la "construcción de la forma" al "descubrimiento de la forma", y la estabilidad y la singularidad son reemplazadas respectivamente por la variabilidad y la multiplicidad.

La introducción del software de modelado digital en el diseño arquitectónico hace posible el uso de las geometrías "topológicas" deformables descritas matemáticamente por medio de NURBS (*Non-Uniform Rational B-Splines*) y construibles materialmente por medio de herramientas de control numérico (*CNC-Computer Numerically Controlled*). El software de animación, procedente del medio cinematográfico, añade una cuarta dimensión temporal a los procesos de deformación y la posibilidad de expresar la metamorfosis de un objeto.

Los conceptos de crecimiento y formalización biológica, el modelo evolutivo de la naturaleza basado en el cruzamiento y la mutación genética, pueden ser aplicados como herramienta generativa de la forma arquitectónica, en el que los conceptos arquitectónicos se expresan según un determinado conjunto de reglas de generación y su evolución y desarrollo pueden ser codificados digitalmente. Un *script* generador de instrucciones produce un determinado número de formas prototipo que son evaluadas según criterios de rendimiento/actuación en un ambiente simulado y los resultados son a menudo inesperados, situación que introduce un elevado factor de aleatoriedad en el diseño.



Fig 2. Strandbeest, Theo Jansen, 2007

En estos enfoques de diseño generativo basado en metáforas biológicas y algoritmos genéticos, la tarea del diseñador consiste precisamente en definir la fuente de la forma, el "código genético" necesario para la obtención de una familia de objetos similares, cuya variedad se obtiene a través de diferentes ciclos de "reproducción". Tal como sucede en otros modelos de acción del diseño contemporáneo, se enfatiza la articulación de la lógica interna del proyecto más que la definición de su forma externa.

4.- FABRICACIÓN DIGITAL: UNA NUEVA FORMA DE CONSTRUIR

Junto al concepto previo de Diseño Digital, el concepto emergente de Fabricación Digital nos permite asistir a una reconfiguración de las relaciones entre concepción y producción al establecerse un vínculo directo entre aquello que se puede concebir y lo que finalmente se puede construir. Como afirma Mitchell (2001, p. 354): "*los arquitectos tienden a dibujar aquello que pueden construir y construyen lo que pueden dibujar*". Los avances tecnológicos permiten la materialización de las formas diseñadas a través de procesos F2F ("*file-to-factory*") y de las tecnologías de fabricación CNC (Schodek et al., 2005). Se establece una conexión directa entre información y materia y el foco de atención se sitúa sobre el concepto de "constructibilidad" que se convierte en función directa del proceso de digitalización.

Históricamente, se había mantenido a lo largo de los siglos la tradición de la geometría euclídea a la hora de realizar la construcción y fabricación de los elementos arquitectónicos, es decir, el trazado de los elementos por medio de las herramientas euclídeas por excelencia, la regla y el compás, convertidas incluso en símbolos de la propia actividad edificatoria. La reciprocidad entre medios de representación y medios de producción se va a mantener en la era digital. Pero la posibilidad de trasladar la información de la fase de diseño a la fase de fabricación conlleva una mayor implicación en los procesos de producción.

Actualmente, es posible diseñar y construir un edificio siguiendo un flujo digital de trabajo cuyo primer paso es el diseño del edificio en forma de una maqueta digital tridimensional en lugar de emplear el sistema convencional de plantas y alzados. El siguiente paso consiste en definir de forma paramétrica las dimensiones y propiedades de los elementos del proyecto y la posibilidad de crear variaciones del diseño y realizar pruebas y optimizaciones que mejoren su comportamiento. Finalmente, la definición material de los elementos de una maqueta tridimensional se puede obtener fácilmente con una máquina CNC que transforme los elementos constructivos por medio de técnicas de corte bidimensional o a través de procesos de fabricación sustractiva o aditiva.

La fabricación de elementos bidimensionales por medio del corte CNC es la técnica más usada debido a que los paneles planos de casi cualquier material se pueden cortar con formas de gran complejidad empleando diversas tecnologías como el corte por láser, el chorro de agua y el arco de plasma. Cada una de ellas es apropiada para cierto tipo de materiales y tiene sus propias limitaciones en lo referente al grosor de los paneles y a las líneas de corte con un concepto similar al funcionamiento de un plotter.

Las técnicas de fabricación sustractiva implican la eliminación de parte del volumen de un material para crear una forma determinada. Esta operación se puede realizar con medios mecánicos, electrónicos o químicos. El grado de flexibilidad de la herramienta de corte (el número de ejes alrededor de los cuales se mueve) determina la complejidad de las formas que la máquina puede generar. Se emplean fundamentalmente para la elaboración de maquetas y modelos, estudios de uniones y ensambles, realización de elementos constructivos y para la ejecución de moldes para la producción de hormigón tanto prefabricado como en obra.

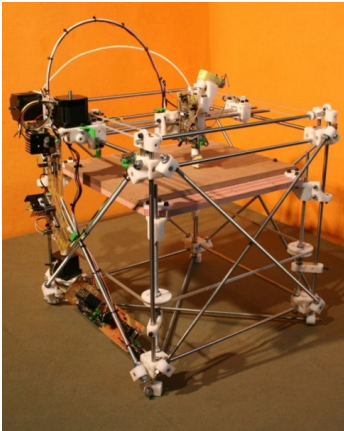


Fig 3. RepRap Project, 3D Printer, Version 1.0 (Darwin), 2007

Por último, el proceso de fabricación aditiva recibe diversos nombres: prototipado rápido (*Rapid Prototyping*), impresión 3D (*3D printing*), fabricación por capas (*layered manufacturing*), moldeado de sólidos de forma libre o abierta (*solid free form*). Estas denominaciones se corresponden con distintas tecnologías que trabajan bajo el mismo principio basado en un incremento formal mediante la adición de material por capas. El desarrollo de las primeras máquinas de *Rapid Prototyping* se debió a Charles W. Hull que fundó en 1982 la empresa *3D Systems Inc.*, empresa matriz de la que en 1988 desarrolló el primer dispositivo para producir estereolitografías, el SLA-1 (*StereoLithographic Apparatus*). Estudios posteriores y la evolución asociada a los avances de los sistemas CAD permitieron la creación de nuevas generaciones de máquinas capaces de fabricar objetos a partir de su definición geométrica digital en tres dimensiones mediante la utilización de una gran variedad de materiales y distintos tipos de procesamiento basados en la acción de la luz, el calor o las reacciones químicas y que son usadas incluso para realizar pequeñas tiradas de productos acabados.

Dentro del grupo de los procesos de fabricación aditiva y bajo el nombre genérico de prototipado rápido, se agrupan una serie de tecnologías generativas distintas (Hauschild y Karzel, 2011) que parten de la división del



modelo virtual de CAD en secciones horizontales paralelas que luego se materializan superponiendo capa sobre capa hasta completar la pieza. Las de mayor implantación en la actualidad son la estereolitografía (SLA), la fotopolimerización por luz UV (SGC), la deposición de hilo fundido (FDM), la Sinterización Selectiva Láser (SLS) y la proyección de aglutinante (DSPC).

Uno de los retos de esta técnica consiste en la superación de las limitaciones del tamaño de las piezas que se pueden construir y, en el caso de la edificación, la posibilidad de realizar grandes estructuras a tamaño natural en lo que se podría denominar técnicas de *Rapid Building* (construcción rápida). Existen varias investigaciones que avanzan en este sentido. Ya se pueden fabricar estructuras de hormigón de dimensiones 427 x 610 x 244 cm gracias a un prototipo denominado "*Contour Crafting*" (CC) desarrollado por el ingeniero industrial Behrokh Khoshnevis de la *University of Southern California* (USC) y también se pueden construir estructuras en piedra arenisca de 6 x 6 m gracias a la patente *D-Shape* del ingeniero italiano Enrico Dini. Las investigaciones de ambos se basan en la idea de que la aplicación del prototipado rápido en arquitectura permitiría la creación de proyectos complejos de una forma rápida y económica, con una gran variedad de formas, colores, texturas y materiales.



Fig 4. Radiolaria Pavilion, D-Shape System, Enrico Dini, 2008

5.- ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN MATERIAL EMERGENTES

El diseño y fabricación digitales se configuran, por tanto, como una nueva manera de entender el desarrollo del proceso edificatorio y como una nueva forma de producción material que utiliza los datos digitales para controlar la fabricación de los elementos constructivos, lo que permite eliminar pasos intermedios entre el diseño y la producción final. Pero mientras que el CAD de primera generación reemplazó al dibujo tradicional sin que se produjesen cambios importantes en la arquitectura, simplemente un tipo de representación 2D reemplazó a otra, en cambio el modelado 3D y la fabricación digital fortalecen e impulsan un nuevo pensamiento de diseño y expanden los límites de la forma arquitectónica y de los procesos constructivos.

Aparecen así toda una serie de estrategias de ideación y producción que utilizan estas técnicas y procesos digitales de fabricación que podríamos definir como "no estándar" o emergentes. Con una actitud ingenua, experimental, a pequeña escala, y en muchos casos dentro de programas de investigación desarrollados por instituciones académicas, suponen la tendencia de innovación más interesante en un mundo como el de la edificación, tan reacio a los cambios. Estas estrategias reflejan el potencial de las prácticas digitales para reducir la brecha existente entre representación y construcción y proporciona una conexión continua entre el diseño (pensar) y la fabricación (hacer). Al mismo tiempo, desde la teoría y la crítica arquitectónica se realizan intentos de descripción y catalogación de estas experiencias difícilmente clasificables debido al carácter híbrido y transversal de sus planteamientos. En este sentido, una de las aproximaciones más recientes es la propuesta realizada por Iwamoto (2009) en la que define una serie de categorías de trabajo que en algunos casos suponen ejemplos de transferencias tecnológicas desde otros sectores industriales (*sectioning*) y en otros casos representan la adaptación al contexto digital de tradiciones constructivas ya existentes (*tessellating, folding, contouring, forming*). Los problemas que plantean este tipo de clasificaciones se acentúan cuando nos movemos en un campo caracterizado por el mestizaje intelectual. Analizaremos a continuación tres casos que ejemplifican esta búsqueda experimental de nuevos modelos creativos en estrecha conexión con aspectos pragmáticos y tecnológicos.

5.1.- TRANSFERENCIAS TECNOLÓGICAS: VERSIONES

La tecnología tradicional de cuadernas y costillas estructurales, utilizada en las industrias naval y aeroespacial, se transfiere al ámbito arquitectónico buscando la obtención de resistencia estructural con un material superficial. Seccionar, cortar, partir o rebajar son expresiones que sirven para denominar una técnica (*sectioning*) que se basa en la realización de secciones paralelas del objeto a intervalos determinados con la ventaja de que el modelado digital hace que la tarea de seccionar no sea una operación meramente proyectiva como en el método tradicional de representación a partir de proyecciones ortográficas (plantas y secciones) sino que literalmente se corta un objeto 3D. Este método se adapta bien a los materiales constructivos convencionales que, en gran medida, se presentan en formato de láminas (madera laminada, chapa metálica) lo cual facilita su mecanizado mediante herramientas de corte 2D para obtener posteriormente objetos tridimensionales aprovechando de forma óptima en el montaje las relaciones entre la forma y la tectónica del material.

Podemos encontrar un ejemplo significativo de este tipo de planteamientos en el proyecto *PS1- Dunescape* (2001) de SHoP Architects. A partir de una estrategia de "*sectioning*" se configura un paisaje arquitectónico con funciones de "playa urbana" definido constructivamente por una serie de listones de madera de cedro de sección cuadrada ensamblados paralelamente (Converso, 2008). Al modelo digital definido empleando el software *Maya* se le aplica la función "*contour*" obteniéndose secciones paralelas y continuas a intervalos definidos por el grosor físico del material utilizado y que se asemejan a una cimbra de la forma adoptada al transformarse en elementos auto-portantes. Las secciones resultantes se plotean a escala natural y sirven como plantillas para el corte, situación y montaje final de las piezas generando una superficie ondulada permeable a la luz natural y al aire. La relación entre forma y construcción se hace patente en las uniones vistas de las piezas de madera con una geometría de ensamblado continuamente variable.



Fig 5. PS1/Dunescape, SHoP Architects, NY, 2001

La actividad de SHoP y su aplicación del concepto de "*versioning*" (tomado de la industria del software y con una aproximación creativa al proyecto desde una visión radicalmente colaborativa) se adapta perfectamente al nuevo contexto híbrido y multidisciplinar de aplicación de técnicas digitales a la proyectación y la construcción manteniendo una postura que se aleja del formalismo que ha caracterizado alguna de las primeras experimentaciones digitales y que se acerca a la realidad física de la práctica constructiva.

5.2.- MATERIALIDAD DIGITAL: ÁTOMOS vs. BITS

Otra de las cuestiones interesantes que plantea la utilización de tecnologías digitales en arquitectura es la revitalización del interés por el empleo de patrones de repetición (mosaicos, embaldosados, azulejos, aparejos, paneles) con sus posibilidades infinitas de variación y modulación como base de las estrategias de diseño y fabricación. La tradición de este método de construcción es muy antigua y va desde las teselas de los mosaicos romanos y bizantinos, pasando por las lacerías y tracerías islámicas o las vidrieras medievales de las catedrales góticas hasta las posibilidades ofrecidas por la prefabricación en la construcción industrializada.

La técnica del teselado o mosaico (*tessellating*) consiste en aproximar superficies utilizando el material como agrupación de elementos individuales en forma de piezas o láminas discretas para lo cual hay que tener en cuenta la definición digital de la superficie y la metodología constructiva de fabricación. Estos dos aspectos se ven unificados por medio de las tecnologías de fabricación digital y la utilización de productos industriales estandarizados siendo las líneas principales de actuación la transformación de estos elementos por medio de



herramientas CNC y el desarrollo de nuevas posibilidades de montaje con el uso de herramientas de automatización.

En esta línea de experimentación se sitúan las investigaciones de Fabio Gramazio y Mathias Kohler de la ETH de Zúrich en relación con las posibilidades de adopción de la robótica para la producción arquitectónica. Los robots, procedentes del ámbito industrial, pueden realizar tareas de montaje e incluso operaciones de modificación sustractiva del material (fresado, taladrado) y pueden ser programados para la colocación de ladrillos y bloques. Un ejemplo sería el proyecto *The Programmed Wall* (2006) en el que a partir de la utilización de ladrillos estándar como elementos modulares, se programan "scripts" con el código de información necesario para el correcto montaje de las piezas en la posición exacta. El programa puede contemplar diversas variables y propiedades como la ligereza, la porosidad o el perfil del muro. El robot utiliza estos datos codificados para construir el muro ladrillo a ladrillo como si se tratase de un albañil altamente cualificado. El resultado es la obtención de módulos de 3 m de largo por 2 m de alto con un paramento fluido y diferentes esquemas estructurales realizado con unidades constructivas estándar e idénticas.

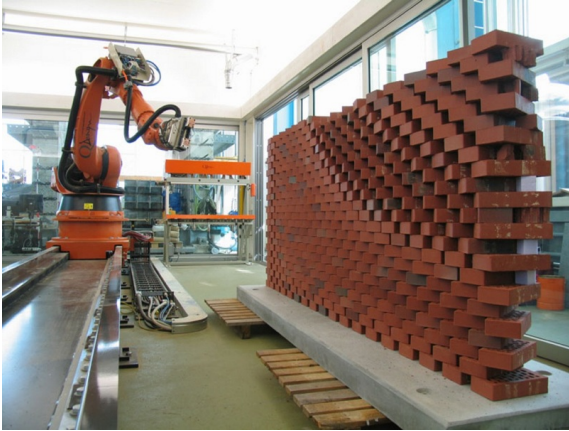


Fig 6. The Programmed Wall, Gramazio & Kohler, ETH Zúrich, 2006

La unión de un material de construcción arcaico y la tecnología digital más avanzada convierte al ladrillo en un material "in-formado" aprovechando el concepto de repetición serializada en combinación con la concepción romántica de la unicidad/individualidad de la producción artesanal. Lo material se ve enriquecido por las características de lo digital a través del concepto de "materialidad digital" que supone una transformación emergente en arquitectura que permite un acercamiento entre los campos virtual y físico (Gramazio y Kohler, 2008).

5.3.- INNOVACIÓN DIGITAL CON MATERIALES TRADICIONALES: PIEDRA LÍQUIDA

La estrategia del *contouring* es un proceso sustractivo que podemos identificar con la acción de esculpir, por lo que entronca con la larga tradición existente en edificación en el campo de la talla de madera y piedra con fines ornamentales pero que requiere de una mano de obra muy especializada y, por tanto, muy costosa. Las técnicas de fabricación digital permiten superar la idea de que la habilidad para el tallado de elementos arquitectónicos reside exclusivamente en la práctica artesanal, hasta el punto de que se abre paso la noción de una "artesanía digital" (Bechthold, 2012) como estrategia para superar las limitaciones tanto del marco artesanal como de la producción industrializada y que está ganando cuerpo como un modo de revitalizar y recuperar el concepto de ornamentación mediante el uso de las nuevas herramientas digitales. Entre estas se incluyen *routers* CNC y fresadoras que utilizan datos procedentes de los modelos digitales para excavar sistemáticamente el material realizando una serie de contornos que dan forma a las superficies.

Con el desarrollo de una sensibilidad algorítmica y la disponibilidad de instrumentos operativos innovadores surge una dinámica de investigación en la que materiales tradicionales como la piedra o el mármol pueden ser pensados con lógicas expresivas y constructivas contemporáneas a través de ondulaciones, pliegues y vibraciones que determinan nuevos usos y el nacimiento de una estética digital vinculada a estos materiales considerados como naturales y clásicos. Es el caso de los arquitectos italianos Christian R. Pongratz y Maria Rita Perbellini que investigan el modelado de las superficies pétreas siguiendo estas nuevas lógicas matemáticas, algorítmicas y robóticas. La serie *Hyperwave* (2005) experimenta con la obtención de superficies de revestimiento táctiles y tridimensionales utilizando las últimas tecnologías CAD/CAM y en la que, a partir de módulos-base de dimensión variable, se obtiene un número ilimitado de combinaciones posibles que aportan

cualidades de sensualidad y emoción al elemento material en una recuperación del dinamismo, fluidez y articulación de las formas del barroco.

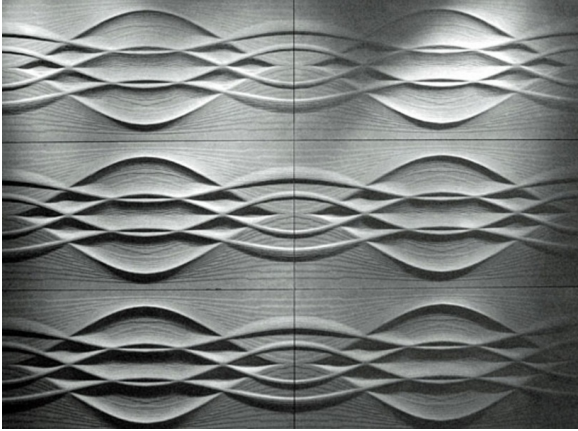


Fig 7. Hyperwave, Pongratz + Perbellini, 2005

El binomio definido por la sustracción de materia y la acumulación de información establece un nuevo diálogo entre producción industrial personalizada y artesanía digital y busca la "superación de la última barrera ideológica que ve en lo virtual el espacio de las imágenes, en favor de una materialidad fluida y renovada" (Marotta, 2007).

6.- CONCLUSIONES

Los avances de las tecnologías de diseño y fabricación asistida (CAD/CAM) han producido un impacto significativo en la ideación arquitectónica y en la práctica constructiva. Se han abierto nuevas oportunidades para la producción y construcción de formas complejas que hubiesen resultado muy difíciles y costosas de idear, diseñar, producir y montar utilizando las técnicas tradicionales.

La capacidad para generar y analizar digitalmente la información del diseño y utilizarla de forma directa para fabricar y construir edificios redefine la relación existente entre concepción y producción. Esto provoca la aparición de nuevas sinergias entre arquitectura, ingeniería y construcción debido al uso híbrido de las tecnologías digitales en las fronteras entre las distintas disciplinas, acompañado de un redescubrimiento digital de la geometría.

La era digital nos proporciona, además de un nuevo repertorio de formas construidas, un vínculo directo entre aquello que se diseña y aquello que finalmente se construye. Esta digitalización de la información que fusiona y hace converger diseño y construcción permite la posibilidad de un mayor control de todo el proceso. Si se integra el diseño, el análisis, la fabricación y el montaje, aparece la oportunidad de reorganización y modernización de toda la actividad edificatoria puesto que arquitectos, ingenieros, fabricantes y constructores participan conjuntamente y de forma colaborativa en los mismos procesos digitales.

Por último, parece oportuno reflexionar sobre la importancia que tiene esta integración de las nuevas técnicas de diseño y producción en la definición de cuál será el papel de los distintos profesionales que intervienen en el sector de la edificación. Conseguir que los nuevos procesos productivos digitales se conviertan en una práctica cotidiana plantea uno de los retos más apasionantes a los que se enfrenta el sector de la edificación tanto en el mundo profesional como en el ámbito académico. Resulta imprescindible que la universidad y especialmente el área de conocimiento de Expresión Gráfica Arquitectónica, juegue un papel activo en la investigación y experimentación de vanguardia tendente a la búsqueda de un cambio en los modelos de producción arquitectónica y edificatoria.

Referencias bibliográficas

Bechthold, M, 2012, "La personalización de la cerámica: la artesanía digital", resumen de conferencia impartida en Qualicer'12. XII Foro Global del Recubrimiento Cerámico, 13 y 14 de febrero de 2012, Castellón, disponible en: <<http://www.qualicer.org/documentacion/conferenciantes/resumen-conferencia-Bechthold-2011.pdf>>.

Converso, S, 2008, *SHoP Works. Collaborazione costruttive in digitale*, EdilStampa, Roma.

Fernández-Galiano, L, 2009, "El diluvio digital" en *Arquitectura Viva*, núm. 124, I-II 2009, p. 3.



Gramazio, F & Kohler, M, 2008, *Digital Materiality in Architecture*, Lars Müller Publishers, Baden.

Hauschild, M & Karzel, R, 2011, *Digital Processes. Planning. Desing. Production*, Birkhäuser, Basel.

Iwamoto, L, 2009, *Digital Fabrications. Architectural and Material Techniques*, Princeton Architectural Press, New York.

Kolarevic, B, 2003, *Architecture in the Digital Age. Design and Manufacturing*, Spon Press, New York.

Marcos, C, 2010, "Dibujo Parametrizado: un no-dibujo necesario en el E.G.A.", en *Actas del XIII Congreso Internacional EGA*, Valencia.

Marotta, A, 2007, "Materialità fluida. Nel lavoro di Pongratz Perbellini Architects" en Suplemento "On&Off" de la revista *L'architetto Italiano*, n° 19, Mancosu Editore, Roma.

Mitchell, W. J., 2001, "Roll Over Euclid: How Frank Gehry Designs and Builds" en RAGHEB, J.F. (ed.), *Frank Gehry, Architect*, Guggenheim Museum Publications, Nueva York.

Sakamoto, T & Ferré, A, (eds.), 2008, *From Control to Design. Parametric/Algorithmic Architecture*, Actar, Barcelona.

Schodek, D, Bechthold, M & Griggs, K, 2005, *Digital Design and Manufacturing. CAD/CAM Applications in Architecture and Design*, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.

SURVEYING AND REPRESENTING AN HISTORICAL COMPLEX FAÇADE: FROM THE POINT CLOUD TO THE GRAPHIC RESEARCH

Mariateresa GALIZIA
Cettina SANTAGATI
Graziana D'AGOSTINO

University of Catania
Department of Architecture

Abstract

Por unos 10 años las tecnologías de adquisición de datos mediante láser escáner 3D, nacidas para uso militar e industrial, se aplican al levantamiento de los bienes culturales.

Durante casi 10 años las tecnologías de adquisición de datos utilizando escáner láser 3D, creado con fines militares e industriales, se aplican a la detección del patrimonio cultural.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos hasta la fecha, todavía hay algunas cuestiones sin resolver: la captura inteligente de datos, identificación de los protocolos de adquisición estandarizados y normalizados, la gestión de nubes de puntos y el modelo en 3D (la automatización, la interpretación y la discretización, texturizado, parametrización y semantización).

Frente a los resultados a hoy obtenidos, quedan aún pendientes algunas problemáticas: adquisición inteligente de los datos; detección de protocolos de adquisición normalizados y normalizados; gestión de las nubes de puntos y del modelo 3D (automatización, interpretación y discretización, texturizado, parametrización y semantización).

La investigación aborda cuestiones relacionadas con la gestión de la nube de puntos y el modelo 3D en el ámbito de la fachada de la iglesia de San Plácido de Catania, cuyas características geométricas requieren de un enfoque formal de tres dimensiones alternativa a los tradicionales de dos dimensiones técnicas, no integral en términos de comprensión y de la documentación del objeto en su espacialidad.

El grupo de investigación ha explorado las diferentes representaciones de los modelos que siguen con el fin de identificar las expresiones gráficas de alta calidad, alternativa a los tradicionales tratados como soporte del conocimiento, documentación y comunicación del patrimonio arquitectónico.

INTRODUCTION

Over the last 10 years there has been an increasing use of the 3D laser scanning technologies in the field of the cultural heritage documentation. These technologies are the most requested among others, in architectural, archaeological and environmental digitization projects thanks to their speed during data acquisition step, the accuracy and the spatial qualities of the models achieved, whose three-dimensionality can be appreciated already during the in situ survey.

The complete automation during data acquisition moves the phase of data interpretation and selection to the subsequent processing of the same. Thus, this has the advantage of being able to store point clouds that are a real digital copy of the object of study since it is not yet subjected to the scholar interpretation.

Over against , these technologies, initially born for military and industrial purposes, have been transposed into the architectural, archaeological and environmental field without the adequate attention from the manufacturers to the specific problems related to architectural and archaeological survey.

For instance, the possibility of being able to enact a smart acquisition/sampling of data that takes into account the morphological, stylistic and decorative characteristics of the object would allow its better management and processing .

Equally, open source and commercial software dedicated to data management and processing often do not take into account the point of view of the architect and the impossibility of being able to lock in rigid database the creative genius of the architectural language. The risk is to get lost in the maze of computer graphics, image matching algorithms, polygonal and mathematical surfaces losing sight of the architectural knowledge in its whole shape and materiality.

As a matter of fact, the point cloud is a set of ontological indistinct points that enclose all the information about the object but, only through further processing/interpretation - 3D modeling – it will be able to describe, more or less accurately, the surfaces.

In general, the 3D modeling follows two distinct paths: one relies on the triangular mesh that accurately and comprehensively describe the surfaces, the textures and the irregularities of the object, the other relies on the study of geometric profiles of the surfaces to get a mathematical description of the same (NURBS surfaces) and an abstract geometric model. This last one, while on the one hand can be considered approximate, on the other hand has a cognitive and semantic surplus in the structuring and communicating of the information(Adami, A, Fregonese, L & Taffurelli, L 2011; Galizia, M, Santagati, C 2011).

In fact, the construction of the geometric model requires the expert's attention and a deep study of the shapes and the language of historical architecture: a real graphic investigation because you can draw/ model only



what you knows.

Thus, it can be affirmed that against the benefits analysed, there are still some unsolved issues: smart data acquisition, identification of acquisition protocols standardized and normalized; management of the point cloud and 3D model (automation, interpretation and discretization, texturing, semantization and parameterization).

AIMS

The aim of this study is to provide answers to the previous questions by exploring the qualities of the different representations through models achieved by using 3D laser scanning. For each question we identify the limitations and advantages, highlighting those where the architectural graphic expression is more meaningful. The case study that we are going to analyse is the church's façade of st. Placido located in Catania historical center.

The church was built in 1769 by the architect Stefano Ittar, as reported in the epigraph placed on the main entrance. It has a complex concave geometry, according to the late Baroque style and it is also enriched by plastic anthropomorphic sculptures.

The problems of survey and representation related to the geometrical-formal characteristics of this façade, required a three-dimensional approach alternative to traditional two-dimensional methods, which are not exhaustive in terms of comprehension and documentation of its complex spatiality (Barnobi, L, 2007; Santagati, C 2007; Santagati, C 2008).

The studies carried out on the point cloud by the research team focus on the exploration of different digital 3D models that represent, by their own features, the geometry and the measure, the materiality and the shape.

Each model has been analyzed through different parameters previously defined- automation, interpretation, discretization, texturing, and semantization- in order to identify high-quality graphic expressions aimed at the knowledge, the documentation and the communication of architectural heritage.



670

Fig 1. View of the baroque façade of the church of San Placido in Catania . 2012. By authors

A CASE STUDY: THE FACADE OF THE CURCH OF SAN PLACIDO IN CATANIA

Historical knowledge

The design and the construction of St. Placido's church, annexed to the homonymous monastery, is attributed to the Polish architect Stefano Ittar, who arrived in Catania in 1765 (Boscarino, S 1961; Boscarino, S 1981; Dato, G, Pagnano, G 1997). The church with a nave has the entire façade covered with Syracuse and Taormina stone and the basement with lava stone.

The façade belongs to the bell tower typology. It is articulated in three concave bays that are defined by rigid pilasters with sharp edges that double in the middle part, breaking the soft curved surfaces.

The central nave end up with an *alfana* with three openings, where the bell lies and with an entablature with a

triangular tympanum with over placed sculptures.

The façade, with two architectural orders overlapped, is articulated along the central axis where the main entrance is, and two semicircular niches with round arches are placed side by side. These are symmetrically placed and two statues are inside them.

In the second architectural order, in axis with the main entrance, there is a round arched window with balustrade and two small niches in line with the underlying.

The two side wings are also divided into two overlapping architectural orders through a massive entablature.

The architect dealt the lower part of the façade with a rigorous decorations made up with simple boxes; a round arched window with balustrade is in the second order, in line with the decorations below. The entire façade end up with a balustrade with small columns, that follow the geometric shape of the surfaces of the façade.

Acquisition and data registration

The façade has been surveyed using the laser scanner TOF Leica Cyrax 2500. The acquisition of three-dimensional data has been made in a pre-shooting plan that would ensure the greatest possible coverage of the entire object investigated, by carefully choosing the station points. It has been useful to choose three shooting points, one in the central axis and the other two in the lateral sides, appropriately chosen to cover the grey areas and to follow the façade planimetric morphology, consisting of a sequence of concave elements.

After having completed the acquisition of metric data, the cloud of point has been post-processed in laboratory, through the use of dedicated software, such as the Leica Cyclone, the JRC Reconstructor Gexcel and CloudWorx, plug in of Leica Geosystems for Autocad for viewing and manipulation of the clouds in the CAD environment and for the extraction of two-dimensional profiles.

Through the first software we managed the acquisition data in situ (Scan Control) and alignment (Registration); the phase of points texturing and creation of the triangulated mesh was carried out using the second software. The CAD environment offered by Cloudworks, where data is extracted directly from the cloud point, it has been useful for the stages of creating the geometric model and understanding the architectural language of the architect through the research of the proportions and the study of the geometric genesis of the single elements of the façade.

The alignment of the different scans according to a single reference system was made "manually", through the identification of homologous points between pairs of cloud point (10 homologous points for each pair). In the architectural field, this phase is quite simplified, even if is a bit wasteful, for the presence of sharp edges of the elements that form the architectural ornamentation (base, capitals, entablature and openings). The overall 3D model obtained is composed by 8 scans for a total of 4.752.565 of points whose subsequent processing will be explained in the following paragraphs.

Specifications Cyrax 2500:

Laser Class: Class II CFR 1040
Range: 100-150 m
Scan speed: 1000 points per second
Accuracy: 4 mm to 50 m
Horizontal Field of View: 40 °
Vertical Field of View: 40 °
Spot size: 6 mm to 50 m

From the point cloud to the textured model

One of the main editing steps of the digital three-dimensional survey obtained by laser scanning is to provide realistic textured models able to define, besides the quantity and geometrical aspect (form, size, proportion) also the qualitative one dealing with the visual representation of the object. Some laser scanners have built-in a digital camera that creates a panoramic picture of the entire scanned area, generally at low resolution, which is directly overlapped to the cloud of points.

The latest generation of Laser Scanner is equipped with a digital pre-calibrated external camera that records the position and the orientation of each shot in the same reference system, as it is fixed to the 3D scanner and it follows the same movements.

The laser scanner used in this survey project does not have inside any photographic system; thus, we applied to the cloud point the images taken at high resolution to enhance the RGB value in the individual points. The camera used is a Pentax and photos were acquired at a resolution of 3240x4320.

Considering the particular geometry of the façade, the photographic survey concerns the overall shooting, trying to simulate the same position of the foothold of the 3d scanner, so as to follow the same optical cone and to cover the grey areas. The application process of the images was made through the selection of homologous points between the cloud and the photos (minimum of 9 points).

Afterwards we moved on to 3d modeling phase by creating the mesh. Given the peculiar morphology of the façade and wealth of details, we chose to create a dense mesh not simplified so that we did not lose



important surface information. The model was created with a triangulated mesh named "uniform" that compared to the "multiresolution" one does not allow any kind of simplification. From the point cloud we obtained the three-dimensional triangulated model (mesh) and other graphics formats such as orthophotos with a resolution of 3200x3200, that also depend on the computer calculation capabilities. These data elaborations are projections of the triangulated and textured model on a parallel plane, carefully chosen. These projections are dimensionally close to the building and enhance the traditional two-dimensional representation by Monge of the real material, not virtually assumed and rebuilt. The main advantages of using the mesh model is to move from the discrete/ numeric model coming from the cloud point on to a continuous / polygonal model, made up of triangular faces (mesh).

672

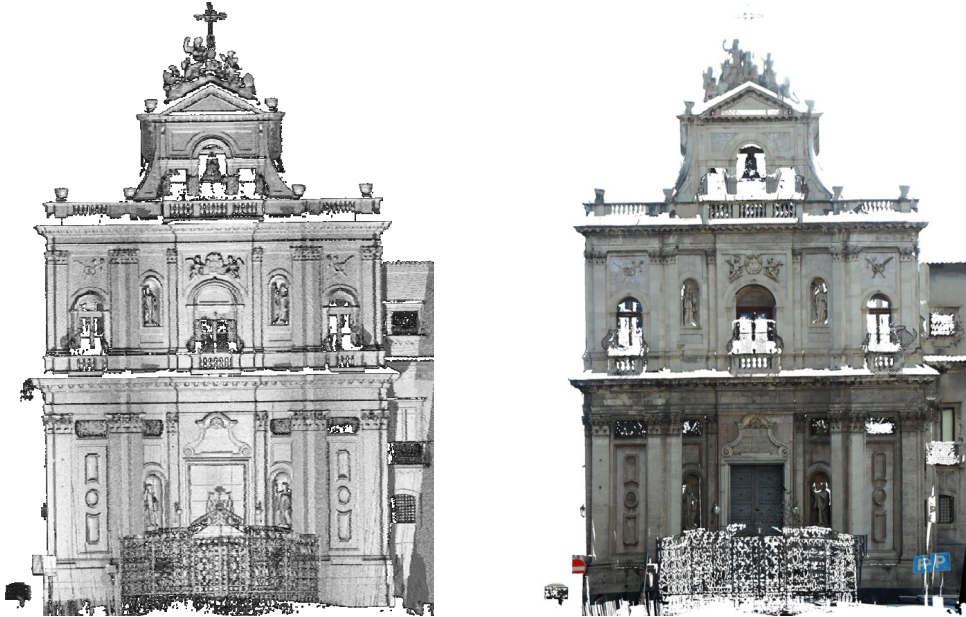


Fig 2-3. (on the left) The Orthophoto of the cloud point overall model; (on the right) The Orthophoto of the textured mesh model. 2012. By Graziana D'Agostino

This process is not particularly onerous, and it is rather easy to do. The disadvantage lies in the excessive amount of polygons that are created, often in excess depending on the ultimate purpose for which it is required to create a continuous model. For example, the viewer software on the web cannot handle the excessive heaviness of this type of file, therefore it is appropriate to test and apply an appropriate simplification of the mesh, depending on the final visualization. The choice of the amount of the polygons constituting the mesh should be carefully defined so as to not lose surface important information, but at the same time realizing that such a model cannot be used for the extrapolation of precise geometrical information. The purpose is: to experiment, integrate and use this innovative type of survey; to evaluate the efficiency of operating procedures in situ and the operation of management and data processing in the laboratory; to find out the more appropriate technique in terms of rendering. The 3D Laser Scanner survey allows to get detailed and sophisticated representations, such as 3D orthophotos, often called solid image, compared to traditional vector and raster representations. These orthophotos are useful to be used directly by the experts especially in the field of knowledge, divulgation, and documentation of Cultural Heritage. Moreover, they are precious to perform detailed analysis on CH for the conservation and restoration. Because, in addition to provide the real material data on three-dimensional model, the resulting model is an open system of knowledge that can be continuously queried and integrated.

Graphic research

The research of the geometrical genesis of the architecture foresees a careful survey that can document, with scientific rigor, both the dimension of its parts and all the necessary data for the correct recognition of geometric surfaces, especially if they are complex.

In this step, the research led on San Placido church façade through the 3D laser scanners survey is aimed at the understanding and the interpretation of the underlying geometry and of the project rule that draws proportions, harmonies, balance and eurhythmia. The façade has three-dimensional surfaces whose geometric genesis could

be investigated only through a detailed survey that allows an in-depth knowledge, through the continuity and density of the data, that is the quantity of points acquired.

Often, the direct survey, a valuable scientific tool to control the cognitive process, finds obvious difficulties due both to the state of site and to physical deterioration of the architectural object to be investigated. Moreover, the selection of points to be taken through direct survey, if is not controlled and operated by an expert and learned eye, brings to the losing of the meaning at the architectural form.

On the other hand, the topographic survey uses dedicated equipment to facilitate the acquisition of the measure of inaccessible points overcoming static, physical and environmental unfavorable conditions. Even in this case, the limit of the acquisition procedure is given by the discretion of the expert-operator when he select the points to acquire, as well as the time dilation in function of the necessary quantity of the surveyed points. The output model advantages, dense of selected data, constitutes a numerical model which is the map of points where it is possible to represent the architectural object detected and where to recognize the geometry of the forms.

Therefore the result is to have longer time in the acquisition phase, that are balanced out on the other hand by the restitution speed in the interpretation phase. The evident limit of this methodology is the need to operate, as in the direct survey, through expert figures both in the acquisition phase and in the interpretation phase.

In the specific case, the choice to operate through 3D laser scanner allows to overcome the acquisition limits of the survey methods described above. In fact, the in situ survey phase is entirely automated; the operator works on a technical-objective aspect and not on an interpretative-subjective aspect. The scan setting does not provide a data selection, but only the capture field (vertical and horizontal angles) and the scanning step (more or less dense). Therefore it consists in a simple standardized procedure, where there is no required the operator interpretation.

The three-dimensional model is a numerical one and its amount of points is a faithful copy of the architecture analyzed, in size and shape. In this way, the digital model is a representation full of information, with a surplus of data respect to the purpose definite before. In fact, during the data interpretation phase we have conducted a decimation of a high number of superfluous data on the cloud point in order to get a traditional representation, by means of abstracted forms. The three dimensional model, in fact, does not represent a smart model but it is certainly a raw outcome on which to operate accurate researches in terms of geometry, dimension, materiality and structure.

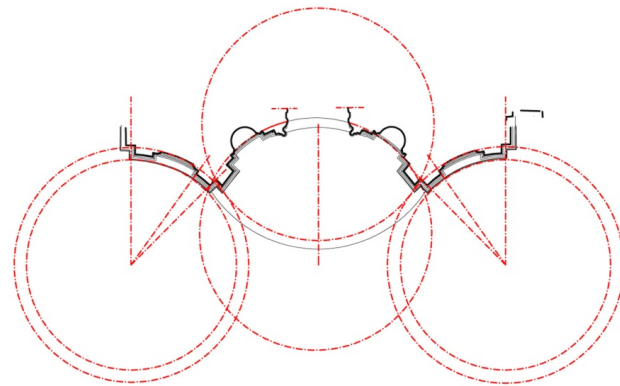


Fig 4. Graphic research of the underlying geometry of the façade. 2012. By Mariateresa Galizia

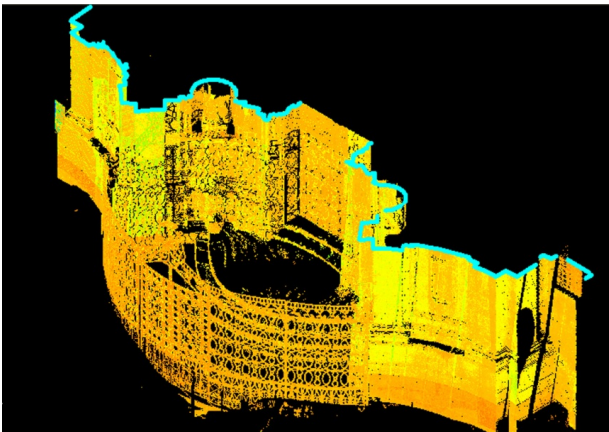


Fig 5. Three-dimensional view of the extraction of horizontal profiles. 2012. By Mariateresa Galizia



From the cloud point we have extracted some horizontal and vertical profiles that allowed a rigorous identification of the geometrical genesis of the forms and of the underlying drawing rules of the curved shapes that characterize the façade conformation. Further, we measured the curvature rays and the arches length and thereafter we examined the façade symmetry.

Some discrepancies on the façade not perceptible to the naked eye are emerged from the survey and following analysis. In fact, at a first glance the church seems to be symmetric but it presents some differences in the geometrical construction of curved shapes.

Certainly, the accuracy of the acquired data by 3D laser scanner precludes any possible measurement error, often present in the case of direct survey. Therefore, the discrepancies noticed in the geometric constructions underlying the San Placido façade church can be adduced at "uncertainty margin resulting from the analyses done with modern instruments ... and the approximations due to the use of old instruments an tools, the building site, the corrections brought during the works ... Besides it must be taken into account the amount of corrections brought by architects and builders to avoid optical effects and other expressive faults which alter the proportional relations utilized in the project." (Magnano, 2012; 170-171).

The outcome obtained by the cloud point investigations reports often a deviation from the strict project framework not easily controlled during the construction. Often, during the geometric study of architectural form this involves the discovering of inconsistent regular paths and geometric constructions that are not perfectly coincident.

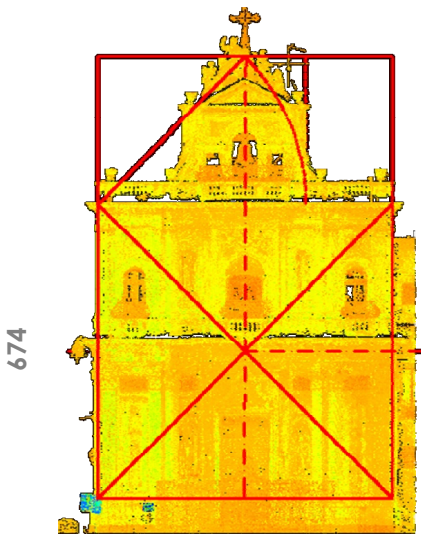


Fig 6. Graphic research of proportions between the parts. 2012. By Mariateresa Galizia

Some considerations on the geometric model

One of the most common mistakes for those who approach for the first time at the 3D laser scanning technology in the field of architectural heritage, is the illusion that all object knowledge is captured by the instrument, and that through few intellectual efforts it is possible to get faithful representations and an objective documentation.

The scholar that has had the opportunity to deal with millions of points coming from these kind of surveys is conscious of the great potential offered by these technologies; however, for a rigorous architecture study aimed at discovery of the project reasons, it is necessary to have a good background able to understand, to interpret and to manipulate these data in order to make them intelligible.

As a matter of fact, the point cloud is a set of three-dimensional points (x, y, z) that are structured according to a matrix consisting of n rows and n columns that describes the object in its detail and in its spatiality, according to a numerical model that does not tell anything about the shapes geometry that constitute it (Migliari, R 2001). The expert enquires the model through selected sets of points (vertical and / or horizontal profiles). This step gives back a sequence of points that should be interpreted in order to reconstruct, through a geometric study, the trend of the curved profiles that generates different shapes and set up the elements of architectural language.

In this phase the operator works consciously, recognizing the different elements and proceeding from general to particular by identifying the architectural order, columns, entablature, and gradually decomposing the elements

that constitute them up to the moldings - the atoms of the architectural lexicon (De Luca, 2006) – through a conceptual abstracted process where geometry is a tool to decode the complexity of reality. The virtual window where this process happens becomes the place of scientific discovery, the place where the expert interacts with the numerical model (point cloud) and simultaneously queries it to verify the validity of the mathematical model extracted step by step by 3d modeling it. In this direction, the research aimed at mathematical modeling of the facade of San Placido has provided the opportunity to deal with the modeling of complex curved surfaces due to the complex morphology of the architectural object.

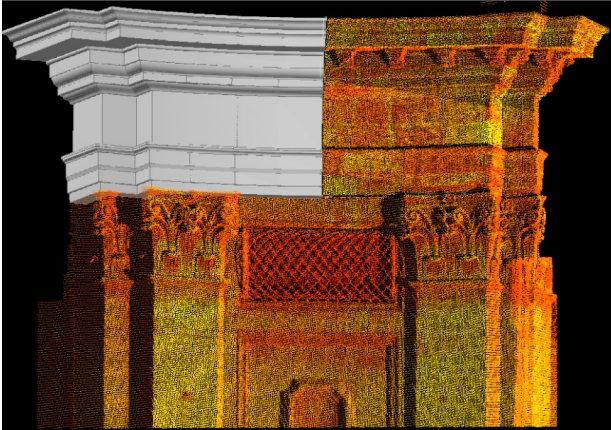


Fig 7. 3D geometric modeling of the entablature in comparison with the point cloud. 2012. By Cettina Santagati

We could argue, by contrast, that the geometric model thus obtained, being an abstract and simplified interpretation of reality, it might lost all the wealth of information contained in the original numerical model. But, it is not really true. The geometric simplification of surfaces is a semantic enrichment of the model in terms of knowledge, representation and communication within the modeling software as the information can be distinguished by layer, to be subsequently structured into an information system.

The experiences of digitization of Palladio drawings and the archaeological site of Pompeii led by Marco Gaiani (Benedetti, B, Gaiani, M & Remondino, F, 2009; Baldissini, S, Beltramini, G & Gaiani M, 2008; Gaiani, 2004; Gaiani, 2005) and the Nubes project designed by Livio De Luca (De Luca, 2007) are pioneering and exemplary representative of the potentialities in terms of representation/ documentation/communication of these hybrid models able to generate real multidimensional information systems.

Potentiality that unfortunately have not been yet sufficiently explored because they require appropriate attention from researchers in the Computer Science and software companies in order to start interdisciplinary project that takes into account these issues.

As a matter of fact, it is desirable a bigger automation in the construction of the geometric model. In the case of complex architectures, most of the profiles extracted in a semi-automatic way are often useless for the understanding of the genesis of the geometric shape.

Besides, it would be necessary to develop algorithms capable of recognizing complex shape from sets of points/surfaces mesh having similar characteristics. For this purpose we should establish a set of parametric libraries implementable time by time (for example through procedural modeling) and able to refine all the expressive / creative possibilities in the architectural lexicon.

CONCLUSIONS

The graphic research carried out in terms of quality/measure/geometry/spatiality on a baroque façade with a such complex geometry has spawn three and two-dimensional models of analysis and representation. The peculiarities of the investigated building highlighted strengths and weaknesses of these representations.

In the future the research will be addressed to the experimentation and the exploration of BIM modeling potentialities in the field of survey and restoration of architecture. Particular attention will be paid to the problematic of management, semantization and parameterization of 3d laser scanner models.



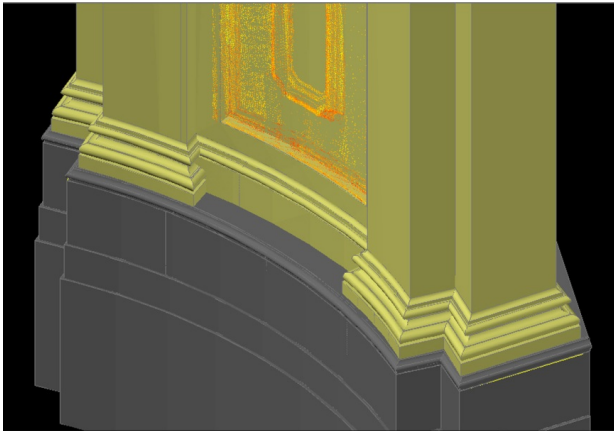


Fig 7. 3D geometric modeling of the basement. 2012. By Cettina Santagati

Credits

Despite the joint nature of the research work carried out, the editorial responsibility for the paragraphs is attributed to: 'Aims', 'Historical knowledge', 'Graphic research' Mariateresa Galizia; 'Introduction', 'Some considerations on the geometric model', Cettina Santagati; 'Data acquisition and registration', 'From the point cloud to the textured model', Graziana D'Agostino

Bibliographic references

Adami A., Fregonese, L. & Taffurelli, L. 2011, 'A range based method for complex facade modelling',

International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume 36 (5).

Andreozzi, A et alii 2004, *Il modello nella rappresentazione delle opere architettoniche e archeologiche*, in Atti del Workshop Earcom 2004 "Tecnologie per comunicare l'architettura", Ancona 20-21-22 maggio 2004. Clua edizioni, Ancona, 2004

Benedetti, B, Gaiani, M & Remondino, F (eds) 2009, *Modelli digitali 3D in archeologia: il caso di Pompei*, Edizioni della Normale, Pisa.

Baldissini, S, Beltramini, G & Gaiani M 2008, *The Andrea Palladio's The Four Book of Architecture as Rich Internet Application*, in: Digital media and its applications in cultural heritage , AMMAN, CSAAR Press, pp. 255 - 270

Barnobi, L 2007, *Il rilievo della Badia di Sant'Agata*, in Andreozzi L. (ed), *Il Rilievo dei Beni Architettonici ed Archeologici. Giornate di studio su Le nuove frontiere del rilevamento digitale Esperienze del passato e prospettive. Atti Convegno 2005*, Aracne, Roma, pp. 35-40.

Böhm, J, Haala, N & Becker, S 2007, 'Façade modelling for historical architecture', *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, volume 36 (5) XXI International CIPA Symposium, 01-06 October, Athens, Greece.

Boscarino, S 1961, *Studi e rilievi di architettura siciliana*, Messina 1961, pp. 83-113.

Boscarino, S 1981, *Sicilia barocca architettura e città 1610-1760*, Roma, pp. 187-190.

Chiavoni, E, Paolini, P (eds) 2007, *Metodi e tecniche integrate di rilevamento per la realizzazione di modelli virtuali dell'architettura della città*, Gangemi editore, Roma.

Cundari, C (ed.) 2009, *Il Complesso monumentale del Verlasce in Venafro*, Kappa, Roma.

Dato, G, Pagnano, G 1997, *Sebastiano Ittar: un architetto polacco a Catania*, in Giuffrè, M. (ed), *L'architettura del Settecento in Sicilia*, a cura di, Palermo, pp. 143-150.

De Luca L. 2006, *Relevé et multi-représentations du patrimoine architectural Définition d'une approche hybride de reconstruction d'édifices*. Thèse de l'ecole doctorale Arts et Metiers ParisTech, Aix-en-Provence, mars 2006

De Luca L., Véron, P & Florenzano, M 2007, 'A generic formalism for the semantic modeling and representation of architectural elements', *The Visual Computer*, vol. 23, no. 3, March, pp 181-205.

Di Paola F. 2010, *Architecture scanned. Virtual model of a historical stratification*, in *Actas XIII Congreso Internacional de Expresión gráfica arquitectónica*, Editorial de la Universitat Politècnica de València, Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia, Universidad Politècnica de Valencia (Spain), 27-29 maggio 2010, pp. 161-165.

Docci, M. (ed) 2006, *Metodologie innovative integrate per il rilevamento dell'Architettura e dell'Ambiente*. Gangemi editore, Roma.

- Gaiani, M 2004, *La digitalizzazione dei giacimenti documentali dell'architettura: una metodologia applicata al caso di Andrea Palladio*, E-Arcom 2004 Tecnologie per comunicare l'architettura, ANCONA, CLUA, pp. 321 - 326
- Gaiani, M 2005, *The digitization of architectural document repositories: a method applied to the Andrea Palladio case of study*, in: Multimedia.Information@DEsign for Cultural Heritage - MIDECH 2005 proceedings, ROMA, Aracne, pp. 167 - 174
- Galizia, M, Santagati, C (2011) '3D virtual reconstruction of an urban historical space: a consideration on the method', *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial and Information Sciences*, VOLUME 38 (5).
- Guidi, G, Russo, M & Beraldin, JA 2010, *Acquisizione 3D e modellazione poligonale*, McGraw-Hill Companies.
- Inzerillo, L 2004, *Disegnare è comunicare*, Congresso Uid Il Progetto Del Disegno, Lerici, pp 215-220
- Lo Turco, M, Sanna, M 2009, *Digital modelling for architectural reconstruction. the case study of the Chiesa Confraternita della Misericordia in Turin*, in *XXIIth International CIPA Symposium – Digital Documentation, Interpretation & Presentation of Cultural Heritage*. Kyoto, Japan, 11th-15th October 2009.
- Migliari, R. 2001, *Frontiere del rilievo: dalla matita alle scansioni 3D*, Gangemi editore, Roma.
- Migliari, R. 2004, *Per una teoria del rilievo architettonico*, in Migliari, R. (ed.) *Disegno come Modello*, Kappa, Roma, pp 63-65
- Magnano di San Lio, E 2012, *The perfect proportion*, Gambardella, C (ed), *Less More Architecture Design Landscape. Le vie dei Mercanti _ X Forum Internazionale di Studi X, Collana Fabbrica della Conoscenza 16*, La Scuola di Pitagora Editrice, Napoli pp. 167-172
- Nothegger, C, Dorninger, P 2009, '3D Filtering of High-Resolution Terrestrial Laser Scanner Point Clouds for Cultural Heritage Documentation', *Photogrammetrie - Fernerkundung - Geoinformation*, Volume 2009, Number 1, February 2009 , pp. 53-63(11), E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung
- Santagati, C 2007, *Il reale e la sua rappresentazione attraverso l'informatica*, Il Lunario, Enna.
- Santagati, C 2008, *3D Laser Scanner Model for Stones Materials Decay Mapping in Al-Quasami*, J., Chiuni, M. A. and El-Hakim, S. (editors), *Digital Media and its applications in Cultural Heritage. Proceedings of DMACH 2008 Conference*, Petra University, Jordan, 5-6 november 2008. CSAAR Press, Amman.
- Vernizzi, C 2008, 'Santa Maria del Quartiere a Parma: dalle rappresentazioni storiche all'analisi grafica', *Ikhnos. Analisi grafica e storia della rappresentazione*, Lombardi Editori – Siracusa, pp. 55-76.
- Xiao, J et alii 2008, 'Image-based Facade Modeling', *ACM Transactions on Graphics* 27(5).



DOCUMENTACIÓN Y REGISTRO AVANZADO EN ESTRATIGRAFÍA ARQUEOLÓGICA: MÉTODO DE LOS FOTOPERFILES

Gabriel GRANADO CASTRO
Joaquín AGUILAR CAMACHO
María Dolores NOGUERO HERNÁNDEZ

Universidad de Sevilla
Departamento de Ingeniería Gráfica

ABSTRACT

The archaeological work completed in the Seville Cathedral, following the intervention developed in the Royal Chapel of this majestic temple, has provided to the Department of Graphic Engineering's team, University of Seville, a unique opportunity to deal with alternative solutions to the limitations found by traditional stratigraphic documentation techniques in archeology. Thus, the initials needs made by the team manager of that archaeological intervention, formed the basis and impetus to apply at the documentation and registration Stratigraphic in archeology, current digital photogrammetric techniques.

Keywords: stratigraphic documentation, stratigraphic in archeology, digital photogrammetric technique.

INTRODUCCIÓN

Los trabajos arqueológicos llevados a cabo en la S.P.M. Catedral de Sevilla, a raíz de la intervención desarrollada en la Capilla Real de este majestuoso templo, nos han brindado al equipo del Dpto. de Ingeniería Gráfica de la Universidad de Sevilla, una oportunidad excepcional para abordar con soluciones alternativas las limitaciones planteadas por las tradicionales técnicas de documentación estratigráfica en arqueología. Así, las necesidades de partida formuladas por el equipo director de la citada intervención arqueológica, han servido de base y estímulo para abordar el reto de aplicar a la documentación y al registro estratigráfico en arqueología las actuales técnicas de fotogrametría digital.

678

Esta búsqueda de una nueva metodología de registro, fruto de la propia necesidad y experiencia, nos ha llevado a generar un procedimiento de trabajo, basado en los actuales avances en este campo, cuya secuencia y resultados quedan plasmados en la presente ponencia.

OBJETIVOS

Esta ponencia tiene por objeto poner de manifiesto las cuantiosas ventajas que la fotogrametría, como técnica de documentación gráfica, reporta al registro y análisis estratigráfico en arqueología.

ANTECEDENTES

Intervención arqueológica en la Capilla Real de la S.P.M. Iglesia Catedral de Sevilla.-

Los antecedentes propios de la intervención arqueológica desarrollada en la Capilla Real, Panteón Regio y actual sede del trono de la patrona de Sevilla, los encontramos en el proyecto redactado para la restauración y conservación de su pavimento, actuación encuadrada dentro del Plan Director de la Catedral, que ha posibilitado esta intervención. El objeto principal de la misma es el cambio de la solería de la Capilla Real, debido a su mal estado de conservación.

En cuanto a los aspectos de la parte de la intervención con interés para la presente ponencia, una primera conclusión, que sirve para argumentar la aplicación de la metodología propuesta y seguida, sería que el estudio pormenorizado de la secuencia estratigráfica de la excavación a desarrollar constituye uno de los objetivos prioritarios, a nivel arqueológico e histórico, de la intervención. Máxime si, como el propio proyecto recoge, nos encontramos ante una actuación investigadora inédita, tan singular y de carácter puntual –de extensión temporal y espacial limitada y, probablemente, irrepetible en muchos años-, en un entorno preservado por el mayor de los grados de protección patrimonial y de una inusitada composición arquitectónica, que dan buena cuenta de la trascendencia y del nivel de exigencia precisados en los trabajos de registro y documentación durante la intervención.

El estudio estratigráfico en arqueología y la Matrix Harris.-

Según el Dr. Edward C. Harris⁹, la estratigrafía arqueológica es la ciencia por la cual los yacimientos arqueológicos pueden ser debidamente comprendidos. Se ocupa de analizar la disposición e interrelación entre los diferentes estratos, lo que permite al arqueólogo determinar el orden cronológico relativo en que fue creada la estratificación.

Por tanto, la documentación de la estratigrafía arqueológica permite a arqueólogos, historiadores, antropólogos y a otros estudiosos, comprender la estructura y periodización de un yacimiento, aportando, no sólo un posible significado del pasado del mismo, sino un instrumento para el ordenamiento cronológico de todo el material y los restos arqueológicos hallados.

En cuanto a los antecedentes cronológicos de esta disciplina, hay que remontarse hasta finales del s. XVII y principios del s. XVIII para encontrar los primeros vínculos que relacionaban la procedencia de determinados restos arqueológicos con algunos tipos de estratos geológicos, concepción que se mantuvo durante todo el s. XIX. No obstante, hasta principios del s. XX, no encontramos las primeras referencias bibliográficas a la estratigrafía arqueológica, en uno de los primeros manuales de arqueología publicados, de *sir Flinders Petrie*¹⁰.

Pero los orígenes de la estratigrafía arqueológica, tal cual se entiende en la actualidad, se pueden datar en la época de la primera guerra mundial, hacia 1934, cuando se reconoce definitivamente la vinculación existente entre los restos de un yacimiento y el estrato arqueológicos en el que son hallados. Así, los primeros registros estratigráficos arqueológicos, generados en base a una metodología específica -que posteriormente se conocería como sistema Wheeler-Kenyon-, corresponde a Mortimer Wheeler¹¹ que estableció un sistema de numeración de estratos y secciones y la diferenciación de interfaces¹².

Ahora bien, la verdadera transformación de la estratigrafía arqueológica como disciplina acontece en el año 1978 con la aportación de la "Matrix Harris", una herramienta de análisis concebida para organizar la información estratigráfica registrada y construir la secuencia cronológica de la misma, ideada por el doctor Dr. Edward C. Harris a raíz de su tesis doctoral, a quien también se le atribuye la labor de haber sistematizado los principios de la estratigrafía arqueológica.

Según el catedrático de prehistoria Emili Junyent¹³, el método propuesto por el Dr. Edward C. Harris permite estructurar y mostrar la periodización del yacimiento, dominando gran número de unidades estratigráficas que son representadas en forma de diagrama, de manera que conserven su relación secuencial. Esta metodología gozó de una amplia difusión por toda Europa en la década de los ochenta, siendo la base de su éxito el potencial descriptivo, organizativo e interpretativo que aporta esta herramienta al introducir el tiempo como una cuarta dimensión en la representación estratigráfica.

Técnicas tradicionales empleadas en la documentación de estratigrafía arqueológica.-

En lo que se refiere a las técnicas empleadas para la documentación estratigráfica en arqueología, podemos hablar de una metodología o técnica tradicional y ampliamente difundida, que predomina en la mayoría de los trabajos de registro estratigráfico en arqueología.

Esta técnica, en esencia, es la que se viene aplicando a la documentación y registro de perfiles y secciones desde los inicios de la estratigrafía arqueológica como ciencia. Así, el arqueólogo director de la excavación o algún miembro de su equipo, procede a dibujar sobre un soporte escalado -papel milimetrado o de cuadrícula- un croquis de la sección del sondeo realizado, en el que se representan, de una manera muy aproximada, las líneas de interfaces que, a su juicio y bajo su percepción arqueológica en ese instante, representan la división estratigráfica del perfil de la excavación. Además, el mencionado croquis se referencia al resto de elementos del yacimiento y se dota de una pseudoescala a base de tomar distancias y alturas a puntos de referencia distribuidos por el propio perfil y por el yacimiento, con unos medios -cinta métrica, flexómetros y jalones- y un rigor métrico más que cuestionable.

⁹ Harris, Edward C. (1991) [PDF]. Principios de Estratigrafía Arqueológica, traducido por García Trócoli, Isabel. Barcelona. ISBN 84-7423-514-6.

¹⁰ Petrie, W. M. F. (1904), *Methods and Aims in Archaeology*, Macmillan, Londres.

¹¹ Wheeler, R. E. M. (1954). *Archaeology from the Earth*, Oxford University Press, Oxford (hay trad. cast.: *Arqueología de campo*, Fondo de Cultura Económica, segunda reimpresión, 1979, trad. de José Luis Lorenzo, México-Madrid).

¹² Línea divisoria entre los distintos depósitos arqueológicos.

¹³ Catedrático de prehistoria de la Universidad de Lleida. Prólogo a la edición española del libro: Harris, Edward C. (1991) [PDF]. Principios de Estratigrafía Arqueológica, traducido por García Trócoli, Isabel. Barcelona. ISBN 84-7423-514-6.



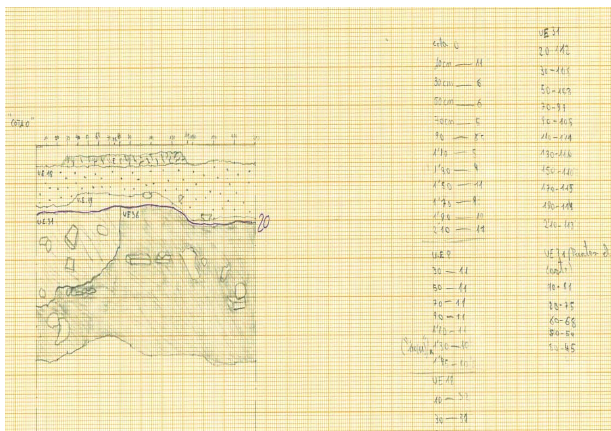


Fig. 1. Registro de sección estratigráfica mediante croquis en papel milimetrado. 2012.
Fuente: Equipo director de la intervención arqueológica en la Capilla Real de la Catedral de Sevilla.

Una vez materializado el croquis del perfil y la estratigrafía a documentar, se procede a asignar números a los distintos estratos y a diferenciarlos gráficamente éstos mediante el empleo de rellenos de trama o sólidos. Además, gracias a la amplia difusión alcanzada en las dos últimas décadas por las aplicaciones CAD, es habitual que, como último paso de la metodología descrita, se proceda a digitalizar el croquis de campo elaborado, lo que contribuye a mejorar su presentación, que no su rigor. Incluso hay autores que dotan de escala la representación estratigráfica digitalizada, cuando ésta no deja de ser un croquis.

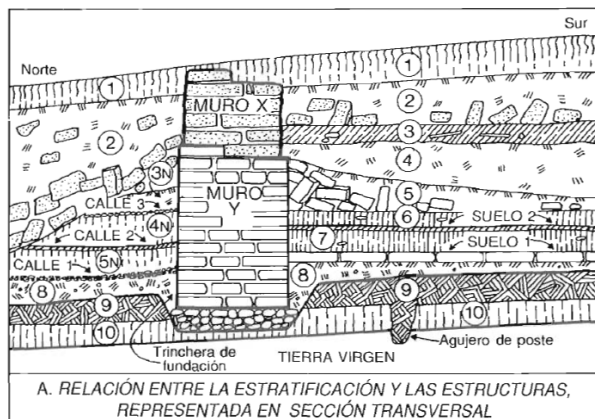


Fig. 2. Croquis de una sección estratigráfica elaborado con la metodología tradicional. 1954.
Fuente: De Wheeler. Archaeology from the Earth, Oxford University Press.

De manera muy sintética, en los dos párrafos anteriores se describe la esencia de la metodología más extendida en la actualidad entre los profesionales de la arqueología para materializar la documentación y registro estratigráfico en una excavación arqueológica. Una metodología que tras dos siglos de aplicación, ha demostrado poca capacidad de evolución y sigue haciendo uso de herramientas y procedimientos que bien podríamos calificar de artesanales, especialmente, si dirigimos la mirada a los avances acontecidos en estas dos últimas décadas en el campo de la representación y documentación gráfica.

PROBLEMÁTICA DEL MÉTODO TRADICIONAL DE REPRESENTACIÓN

Ahora pues, analicemos las principales limitaciones y deficiencias encontradas a este método:

1. Subjetividad de interpretación.- Efectivamente ésta es la principal y más importante limitación que encontramos al método descrito, por encima incluso de la falta de rigor métrico. Así la ineludible exigencia de una interpretación previa, e incluso simultánea al proceso de representación y documentación, de la estratigrafía de un perfil, sus interfaces y sus relaciones arqueológicas por parte del profesional que va a documentar la estratigrafía, supone un verdadero condicionante a la calidad del trabajo resultante, más si cabe que la posible falta de rigor métrico en su representación. No olvidemos que dicho proceso de interpretación debe hacerse en la fase de campo bajo una serie de condicionantes y factores –laborales, ambientales, ergonómicos, de seguridad laboral, perspectivas, constructivos, etc...- que no contribuyen precisamente a la clarividencia de ideas.

Así el Dr. Harris nos recuerda que el patrón con que se mide la profundidad y la calidad del trabajo arqueológico, en cuanto al análisis estratigráfico, no reside tanto en la minuciosidad del detalle como en la comprensión y consiguiente restitución gráfica inexcusable de las relaciones estratigráficas. Por ello, en la metodología tradicional, la interpretación y comprensión del perfil juega un papel esencial en la calidad del trabajo de documentación y registro, más incluso que la propia representación gráfica del mismo.

2. Falta de proporcionalidad.- La falta de proporcionalidad existe tanto en la forma y dimensiones de los perfiles, de los distintos estratos y de los elementos que éstos contienen. Esta falta de proporcionalidad puede inducir errores en la interpretación y análisis de la estratigrafía documentada, al no estar proporcionada la dimensión de unos estratos y elementos respecto a otros, ni su forma, ni la posición relativa entre ellos.

3. Falta de rigor métrico.- La falta de rigor métrico es ineludible y está directamente vinculada con la propia metodología de representación, que se fundamenta en un proceso de discretización del perfil, de sus estratos y elementos, para realizar el levantamiento de los mismos y que analizaremos seguidamente. No obstante, otra causa frecuente de error se encuentra en el propio proceso de toma de datos y medidas, pues, en numerosas ocasiones, éstas no se determinan sobre el plano imaginario que define el perfil o bien, en el caso de las cotas, los desniveles no se miden sobre la vertical del sistema de referencia empleado en el yacimiento. Ahora bien, en este tipo de registros la falta de rigor métrico puede llegar a ser un aspecto secundario siempre y cuando los errores cometidos sean de un orden de magnitud coherente a la finalidad del trabajo.

4. Pérdidas de texturas y composiciones originales.- La transcripción de la realidad mediante un croquis compuesto por líneas conlleva la pérdida total de la conformación natural de los estratos y del perfil en su conjunto, de manera que aquellas características -composición, estado, color, distribución, impurezas, texturas, granulometrías, alteraciones, etc...- inherentes al terreno y a los restos arqueológicos no pueden registrarse con la metodología tradicional, sino con el uso de tramas y rellenos asociados a una leyenda. Pero esta forma de proceder vuelve a topar con las limitaciones de la discretización en las representaciones realizadas, de manera que sólo permite recopilar algunas de estas características de forma aislada y parcial.

5. Discretización de elementos del perfil.- La necesaria discretización de un elemento irregular a la hora de su representación supone una pérdida de información extraordinaria resultando, junto a la subjetividad de interpretación, los dos principales condicionantes de la calidad de un registro estratigráfico arqueológico. En efecto, la discretización no sólo está vinculada a la pérdida de información del objeto a representar, sino que es fuente de imprecisiones y errores en las formas y dimensiones de los objetos representados.

6. Errores de georreferenciación.- Esta deficiencia está directamente relacionada con la falta de rigor métrico, pues la determinación inexacta de la posición planimétrica y/o altimétrica de los puntos de referencia fijados en un perfil y sus estratos, puede ser una fuente importante de error a la hora de interpretar y establecer relaciones y organizaciones cronológicas entre todos los distintos perfiles y estratos de una excavación.

7. Eventualidad.- Mientras un perfil o sección estratigráfica permanece abierta en una excavación es posible su análisis, estudio, interpretación y revisión "in situ", de forma directa. Ahora bien, en el momento que concluye la actuación arqueológica o dicha sección o perfil desaparecen por necesidades de la misma, toda información no recopilada o erróneamente recopilada, se habrá perdido para la posteridad.

8. Falta de verificación.- La eventualidad de la realidad estratigráfica, además, implica la imposibilidad de nuevos análisis



reinterpretaciones futuras por otros profesionales de la arqueología o, incluso, por el mismo profesional que estudió e interpretó durante la fase de campo y al que, la maduración de ideas y las conclusiones finales, analizando el mismo registro estratigráfico desde otra perspectiva, le llevarían a observar nuevos aspectos que pasaron inadvertidos en un primer momento.

PRINCIPALES CONDICIONANTES PARA LA DOCUMENTACIÓN GRÁFICA DE PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

Aunque, además de los que seguidamente se detallan, existen otros condicionantes que inciden en mayor o menor medida en el proceso de documentación y registro estratigráfico en arqueología, en este apartado no se ha pretendido realizar una recopilación exhaustiva, sino tan sólo exponer aquellos aspectos más relevantes y a los que conviene prestar una especial atención.

Finalidad y exigencias del trabajo.-

Los primeros condicionantes que nos encontraremos a la hora de abordar la documentación gráfica de perfiles estratigráficos serán siempre las necesidades y exigencias finales, en cuanto a resultados, del equipo de arqueólogos que dirigen una excavación, que marcarán el nivel y la calidad precisada en la labor de documentación.

Iluminación.-

Por todos es conocido el papel esencial que desempeña la luz en una captura fotográfica –pues sin la una no es posible la otra-. Aparte de resultar un factor físico imprescindible en el proceso fotográfico, la luz posee una función plástica de expresión y modelado que confiere un significado y un carácter tal a la imagen generada, que muchas veces ella sola determina la calidad del resultado obtenido. Esta es la razón por la que la luz resulta un condicionante esencial en la **aplicación** del método propuesto, especialmente si tenemos en cuenta que las superficies a documentar –secciones y perfiles- suelen tener una disposición espacial vertical y en las que la luz natural incide siempre de forma oblicua, generando sombras y contrastes que acentúan la profundidad y volumen de los objetos tridimensionales, dando lugar a un resalte no deseado de las texturas originales.

Distancia de enfoque.-

La distancia de enfoque es la distancia existente entre el objeto enfocado y la cámara. Esta distancia depende directamente de la superficie útil del perfil o sección a documentar e inversamente del ángulo de visión de la lente, que a su vez está íntimamente ligado a la longitud focal de la misma.

En la documentación de perfiles estratigráficos de sondeos o catas arqueológicas, es frecuente encontrar dos factores que condicionan o limitan la distancia máxima de enfoque que se puede emplear. Uno de ellos, es la dimensión del propio sondeo, que aunque varía para cada intervención arqueológica es siempre un factor limitante, en el sentido de que a mayor dimensión del sondeo o cata, mayor superficie de los perfiles estratigráficos a documentar. El otro factor al que nos referimos, es la existencia de restos arqueológicos en el interior de los sondeos, que son determinantes de las posiciones que se pueden ocupar para realizar las capturas fotográficas y, por ende, pueden restringir la distancia de enfoque máxima.

Una posible solución a este problema planteado, pasa por realizar una discretización del registro de aquellos perfiles estratigráficos en los que las condiciones de trabajo no permitan adoptar la distancia de enfoque más idónea para la documentación, mediante una única toma fotográfica, de una sección.

Falta de perfilado de las secciones.-

Con este aspecto nos referimos a la falta de perfilado con la que habitualmente se excavan los bordes de un sondeo, que definen las secciones o perfiles estratigráficos a documentar. No olvidemos que ésta es una operación que se suele desarrollar con medios manuales.

Indefinición de bordes de las secciones.-

Los bordes de un perfil presentan, en cuanto a su perfilado, una problemática específica añadida respecto al perfilado del resto de la sección, resultando un condicionante también para su correcta documentación. Hablamos de la indefinición de bordes que puede entrañar un mal perfilado de la excavación y que puede inducir no sólo a errores en la interpretación y registro de los límites de éste, sino a una distorsión de la estratigrafía original de la propia sección en sus bordes, al confundirse y mezclarse con los estratos arqueológicos de las secciones contiguas.

Textura y composición del perfil.-

Los resultados obtenidos pueden ser muy dispares en función de la textura y composición granulométrica de los diversos estratos arqueológicos que compongan un perfil, especialmente si éste factor se analiza de forma conjunta con los parámetros de iluminación bajo los que se realiza la toma fotográfica. Así, una textura y una granulometría acentuada, con rugosidades y oquedades abundantes y con un relieve significativo sobre la superficie que hemos definido como pseudoplano, obliga a unas condiciones de iluminación muy exigentes para evitar la formación de sombras que menoscaben la claridad y calidad del producto resultante.

De igual manera, los contrastes acentuados entre texturas de la estratigrafía de un perfil, con tonalidades muy dispares –claras y oscuras-, perjudican el logro de unas condiciones de iluminación adecuadas y unos resultados satisfactorios.

METODOLOGÍA

En este apartado se describe, sucintamente, el procedimiento de registro y documentación gráfica de la estratigrafía arqueológica llevada a cabo en la Capilla Real, así como el posterior procesado y tratamiento de dicha documentación desarrollado hasta obtener el resultado buscado: una ortoimagen restituida a escala de la estratigrafía de cada perfil.

Medios fotográficos utilizados para la captura y registro de perfiles estratigráficos.-

En la fase de trabajo de campo, la captura y registro de la estratigrafía de los perfiles se realizó con ayuda del siguiente instrumental fotográfico:

- Cámara fotográfica reflex digital marca Canon, modelo EOS 450d.
- Objetivo EF-S 18-55mm f/3,5-5,6 IS II.

Medios topográficos de apoyo utilizados para la georreferenciación y restitución de perfiles estratigráficos.-

Para georreferenciar la posición y la cota altimétrica de cada perfil estratigráfico dentro de la excavación, se emplearon una estación total dotada de distanciómetro láser y un nivel digital de precisión:

- Estación total Leica Flexline TS02.
- Nivel óptico-electrónico de alta precisión Leica DNA03.

Medios auxiliares de iluminación utilizados para la mejorar las condiciones ambientales existentes.-

Durante la fase de trabajo de campo, las bajas condiciones de iluminación natural en la Capilla Real fueron la tónica general –especialmente en las primeras horas del día y particularmente en el interior de los distintos sondeos practicados-, por lo que el empleo de fuentes de iluminación artificial de apoyo resultó clave para la obtención de unos resultados aceptables.

- Proyector halógenos de luz, con lámpara de 500 W.

Software de post-procesado utilizado para la obtención de los ortofotoperfiles.-

En la fase de postproceso o gabinete, fue preciso emplear un software para el tratamiento y restitución de las imágenes fotográficas captadas, así como un software específico de CAD y otro de topografía que permitiera realizar el montaje y la presentación de los fotoperfiles métricos. El software empleado a estos efectos ha sido:

- @PhotoModeler Scanner (versión 6).
- @ASR Digital Image Rectifier.
- @Autocad 2010.
- @Protopo v.6.1.
- @Microsoft Paint v.5.1.

Planificación de los trabajos.-

Una vez conocidas las necesidades del equipo de arqueólogos en cuanto al registro estratigráfico de perfiles, el primer paso es realizar una planificación de los trabajos tanto de campo como de gabinete a realizar.



Planificación de los trabajos en la fase de campo.-

En una primera fase de campo, la planificación del trabajo comprendió tres etapas:

- Estudio de los condicionantes de cada perfil.
- Georreferenciación de los perfiles.
- Capturas fotográficas de los perfiles.

Planificación de los trabajos en la fase de gabinete.-

La fase de postprocesado o gabinete, se desarrolló igualmente en tres etapas bien diferenciadas:

- Corrección de deformaciones en las tomas fotográficas.-
- Fotorrestitución de las tomas corregidas.-
- Georreferenciación y obtención de los fotoperfiles métricos.-

Finalmente, el ortofotoperfil de cada sección se obtiene generando una vista frontal –que no ortogonal- a modo de alzado del mismo respecto al borde de la excavación que lo contiene. Es importante hacer hincapié en el hecho de que lo que se obtiene como ortofotoperfil corresponde a una vista frontal –un alzado- pues, aunque a efectos métricos la diferencia es mínima, conceptualmente ésta difiere de una ortoimagen en que respeta la posible inclinación entre la sección y la vertical del lugar, de manera que la medición de cotas en el ortofotoperfil impreso se realiza respecto a la vertical del lugar y no respecto a la vertical del pseudoplano que define la sección.

La última etapa corresponde al maquetado de cada ortofotoperfil para su impresión, digital o en papel, en un plano a escala. Es importante destacar que el ortofotoperfil se acompaña de una escala gráfica horizontal y vertical, materializada esta última a ambos lados del mismo, tal cual puede apreciarse en el siguiente apartado de resultados.

RESULTADOS

En este punto se aporta una muestra de los resultados finalmente alcanzados en el registro y la documentación de las secciones estratigráficas excavadas, mediante la metodología expuesta y con los medios tecnológicos detallados.

Secciones estratigráficas registradas y documentadas gráficamente mediante ortofotoperfiles.-

En total se han generado un total de 29 ortofotoperfiles para documentar otras tantas secciones estratigráficas en un total de 5 catas o sondeos excavados. De ellos, un total de 4 perfiles han sido discretizados y montados en una composición en mosaico para su presentación. De estos cuatro perfiles, excepto uno de ellos, que necesitó de 10 tomas fotográficas para su montaje, el resto se pudo resolver con una composición de 2 capturas fotográficas por perfil. Los 25 perfiles restantes corresponden a presentaciones de perfiles montados a partir de una toma única por perfil.

Todos los ortoperfiles se han presentado en un formato A3 apaisado y de dimensiones normalizadas. Las escalas empleadas para la representación de los ortoperfiles han sido la 1:7,5, la 1:10 y la 1:15, siendo estas dos últimas las más empleadas.

En el montaje de cada ortoperfil, como ya se ha especificado con anterioridad, se ha incluido, además de una escala gráfica horizontal, otra escala vertical alineada con los bordes verticales de cada perfil y sobre la que se puede determinar la cota de cualquier punto o elemento observado en el mismo con precisión centimétrica – que es la que mejor se ajusta a la exactitud alcanzada en la representación métrica del ortoperfil-. También se acompaña, en su esquina inferior izquierda de un croquis con la localización de cada perfil en su cata o sondeo.

La siguiente secuencia de imágenes es representativa de la presentación final obtenida para cada ortofotoperfil.



Fig. 3. Presentación de un ortofotoperfil estratigráfico obtenido mediante una toma fotográfica única por la metodología propuesta. Detalle de la diferenciación de estratos y la presencia de elementos arqueológicos y antropológicos. 2012. Fuente: Elaboración propia. Catedral de Sevilla.



Fig. 4. Presentación de un ortofotoperfil estratigráfico obtenido mediante la composición de tres tomas fotográficas por la metodología propuesta. Detalle de restos de cimentación y muro originales. 2012. Fuente: Elaboración propia. Catedral de Sevilla.



Interpretación arqueológica de la estratigrafía sobre los ortofotoperfiles.-

Una de las principales ventajas que aporta la metodología de registro y documentación expuesta, se basa en la posibilidad de que, una vez materializados los ortofotoperfiles en papel o en un fichero, cualquier profesional de la arqueología puede proceder al estudio, análisis e interpretación estratigráfico objetivo de todos los perfiles excavados en la intervención, tantas veces como necesite, sin la premura, la incomodidad y la inexactitud de tener que hacerlo "in situ" y sobre la marcha, lo que provoca, como ya se ha expuesto, una fuerte carga de subjetividad en los resultados y conclusiones y una importante pérdida de información.

Además, los ortofotoperfiles permiten reflejar el resultado del proceso de análisis e interpretación realizado por el arqueólogo director de la excavación, tal cual se hace en la metodología tradicional, pero con una ventaja esencial sobre la misma –que a su vez es la principal aportación de esta metodología propuesta-, pues al no generar como producto del registro y la documentación gráfica un resultado discretizado e interpretado subjetivamente de la realidad, no conlleva pérdida de información y, por tanto, permite su reinterpretación a posteriori por el mismo u otros profesionales de la arqueología, contribuyendo a optimizar los resultados de la investigación global de la excavación.

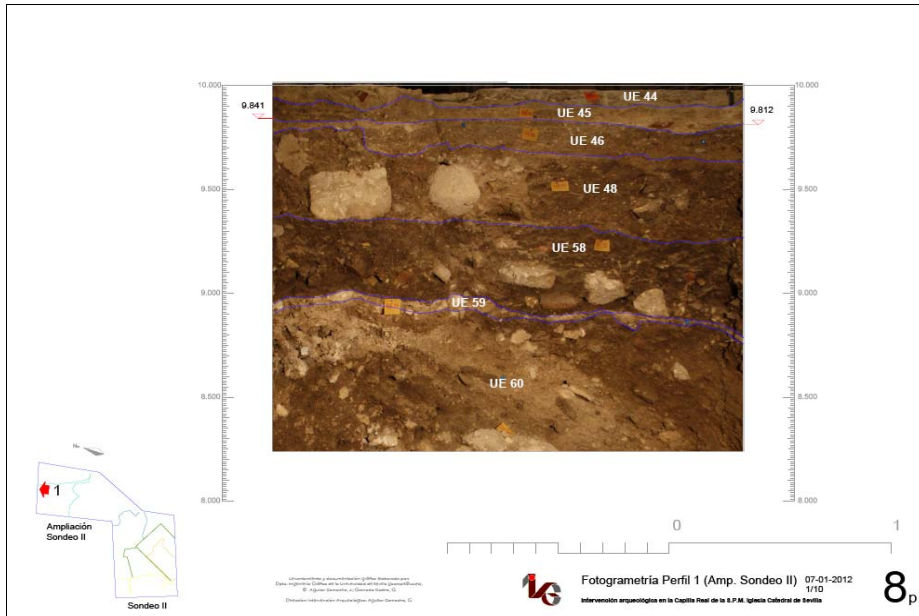


Fig. 5. Representación gráfica, sobre un ortofotoperfil, del análisis e interpretación estratigráfica realizada por el equipo arqueológico de la excavación. 2012.

Fuente: Elaboración propia. Catedral de Sevilla.

Estimación de la inversión de tiempo necesaria para la obtención de un ortoperfil.-

Aunque profundizar en este aspecto escapa del objeto y extensión de la presente ponencia, no queremos dejar pasar la misma sin aportar, al menos, alguna información en este sentido.

Sin entrar en un análisis pormenorizado ni particular de la casuística que puede plantearse en base a los diversos condicionantes analizados –y a los no analizados-, podemos afirmar que para ejecutar la fase de campo descrita en este trabajo, el tiempo medio invertido por perfil –hablamos de perfiles documentados mediante toma fotográfica única- oscila aproximadamente en una media hora. En este tiempo se incluye el estudio de los condicionantes que puedan afectar a la captura fotográfica del perfil –iluminación, distancia de enfoque, falta de perfilado, etc...- y la realización de varias tomas de prueba en busca de un resultado satisfactorio. En cuanto al tiempo necesario para el desarrollo de todas las etapas que integran la fase de gabinete, podemos hablar de aproximadamente una hora y media por perfil. Si computamos el tiempo necesario para plasmar el resultado de la interpretación estratigráfica realizada por un profesional de la arqueología, habría que sumar al total una media hora más de trabajo.

Como se desprende de los datos aportados, la inversión de tiempo necesaria para registrar y documentar la estratigrafía de un perfil con la metodología propuesta, no resulta significativamente mayor que la que hay que realizar con la metodología tradicional consistente en el croquizado a mano y la toma de referencias métricas de los distintos elementos y estratos de un perfil y que, habitualmente, conlleva su posterior digitalización en un programa de CAD.

CONCLUSIONES

Destacar que la metodología propuesta y descrita en este trabajo, permite materializar el registro y la documentación estratigráfica de una sección arqueológica con las siguientes aportaciones frente a la técnica que viene empleándose tradicionalmente:

- No precisa realizar una interpretación subjetiva y previa de la estratigrafía, evitando por tanto la pérdida o distorsión de cualquier información o dato relevante del perfil en su documentación.
- No da lugar a deformaciones métricas ni de la proporcionalidad entre estratos y elementos del perfil de carácter significativo. Los posibles errores e imprecisiones derivados del propio procedimiento son perfectamente asumibles para el fin que se pretende, por lo que aporta una representación fidedigna de la geometría y las relaciones espaciales de sus elementos.
- Constituye una representación continua y completa de la realidad.
- Es una representación que conserva las texturas, colores y composiciones originales.
- La georreferenciación espacial de las distintas secciones, realizada de forma global y conjunta para todos los elementos de un perfil respecto al resto de elementos de la excavación.
- La atemporalidad e independencia de cara al análisis e interpretación estratigráfica de una sección, de manera que cualquier profesional y en cualquier momento, aunque la excavación haya concluido, puede proceder a estudiar, con detalle y sin pérdida de información, las secciones estratigráficas del yacimiento y extraer nuevas conclusiones, complementarias o alternativas a las ya obtenidas.

Como conclusión final, la metodología de documentación y registro estratigráfico presentada aporta evidentes ventajas sobre la metodología tradicional, utilizada mayoritariamente hasta la fecha, si bien, su aplicación requiere de una formación específica cualificada y de unos medios de trabajo que no siempre están al alcance de cualquier excavación arqueológica. No obstante, su presencia y supremacía, en intervenciones arqueológicas singulares o relevantes, no debiera ser cuestionada ni relegada por ningún profesional o por la metodología tradicional.

LISTA DE REFERENCIAS

- Aguilar Camacho, G.C. (2011). Proyecto de intervención arqueológica en la Capilla Real de la Catedral de Sevilla.
- Barrera Vera, J.A. (2006). Aplicación de tecnologías innovadoras en la documentación geométrica del patrimonio arquitectónico y arqueológico. Tesis doctoral. Sevilla.
- Harris, Edward C. (1991). Principios de Estratigrafía Arqueológica. Traducido por García Trócoli, Isabel. Barcelona: Crítica. ISBN 84-7423-514-6.
- Jiménez Martín, A. (1999). Proyecto Básico y de Ejecución de Restauración y Conservación de la Solería de la Capilla Real de la Catedral de Sevilla.
- Jerma García, J.L. (2002) Fotogrametría moderna: analítica y digital. Universidad Politécnica de Valencia. ISBN 84-9705-210-2.
- Wheeler, R E. M.(1954), *Archaeology from the Earth*, Oxford University Press, Oxford (hay trad. cast.: *Arqueología de campo*, Fondo de Cultura Económica, segunda reimpresión, 1979, trad. de José Luis Lorenzo, México-Madrid).



ESTATICA GRAFICA IMPLEMENTADA EN ENTORNOS CAD Y ORIENTADA AL DISEÑO DE ESTRUCTURAS ARQUITECTONICAS

Arianna GUARDIOLA VILLORA
Agustín PEREZ GARCIA

Universitat Politècnica de València
Departamento de MMC y Teoría de Estructuras

Los procedimientos geométricos utilizados históricamente para analizar problemas estructurales perdieron pujanza con el desarrollo de los métodos algebraicos y numéricos y la aparición de los primeros computadores. Sin embargo, los procedimientos gráficos son mucho más intuitivos, fáciles de entender, y rápidos si se dispone de las herramientas apropiadas. Así pues, se ha desarrollado una aplicación informática para analizar geoméricamente el equilibrio de un sistema de fuerzas, trazar su polígono funicular y sus reacciones. Ello permite estudiar y diseñar la línea de presiones de un arco o una bóveda optimizando la solución estructural desde una perspectiva geométrica.

El objeto de este artículo es mostrar la aplicabilidad de la grafostática haciendo uso del potencial que brindan los entornos CAD. También se presenta dicha aplicación como una herramienta que permite validar las reglas de los tratados, analizar comportamiento y estabilidad de un arco construido, o diseñar y proyectar uno.

TOOLS FOR APPLYING GRAPHIC PRINCIPLES OF STATICS IMPLEMENTED ON CAD ENVIRONMENTS AND APPLIED TO STRUCTURAL DESIGN ON ARCHITECTURE

Arianna GUARDIOLA VILLORA and Agustín PEREZ GARCIA

Universitat Politècnica de València
Departamento de MMC y Teoría de Estructuras

Geometric procedures used for a long time in order to analyse structural problems abandoned when first computers helped the development of algebraic and numeric methods. However, graphic methods are more intuitive and its comprehension is easier. At the same time, appropriate results are achieved straightforward if suitable tools are available. So that, a computer program has been developed for analysing the equilibrium of a set of forces based on geometric procedures. This application allows the study and design of arches and vaults tracing its funicular polygon, their force lines and optimizing the structural solution from a geometric point of view.

The purpose of this paper is to show how graphical procedures can be applied for solving those problems using well known CAD environments. This program is also presented as a tool for validate traditional geometric rules, for analysing arch stability and behaviour and for designing new masonry arches.

INTRODUCCION

A principios del S. XX los nuevos materiales y tipologías estructurales propiciaron que el diseño y construcción de arcos cayera en desuso. El funcionamiento del arco como elemento estructural es un tema que no se trata en profundidad en las Escuelas de Arquitectura. No obstante, estudiantes y arquitectos tienen una cierta idea del comportamiento de los elementos que componen el arco – todas las dovelas deberían trabajar a compresión – pero, en general, no han recibido una formación que les permita proyectar un arco ex novo o valorar la estabilidad de los ya construidos.

Hoy en día, la teoría de arcos vuelve a ser tema de actualidad ya que la puesta en valor del patrimonio construido junto a la necesidad de su conservación y rehabilitación (respetando y recurriendo a los oficios tradicionales) ha despertado de nuevo el interés en la comprensión de la mecánica de los arcos y las fábricas de piedra.

Arcos y bóvedas han sido diseñados durante siglos mediante reglas y procedimientos geométricos. La cantidad de construcciones de este tipo que todavía se conservan y que, en su día, fueron materializadas utilizando dichos métodos, demuestra la bondad de los mismos. Sin embargo, la utilización de los procedimientos geométricos para analizar problemas estructurales perdió pujanza con el desarrollo de los métodos algebraicos y numéricos potenciados por el advenimiento de los primeros computadores.

En la actualidad, la generalización del uso de los ordenadores y su potente interfaz gráfica facilitan la recuperación de los métodos de análisis estructural basado en la grafostática. Con este objetivo se ha desarrollado una aplicación informática (implementada en AutoCAD®) que permite analizar geoméricamente el equilibrio estático un sistema de sólidos rígidos. A partir del sistema de fuerzas (pesos y cargas) se obtienen gráficamente las reacciones y se traza el polígono funicular de cada uno de los estados de carga. Mediante

procedimientos gráficos se comprueba la capacidad de la geometría (forma y tamaño) del arco o la bóveda para acomodar las líneas de empujes y de presiones. También es posible abordar la optimización de tales estructuras desde una perspectiva geométrica.

OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es utilizar la herramienta informática desarrollada para analizar y validar algunas de las aproximaciones que el problema del diseño de un arco – elección de la traza, dimensionado de su espesor, cálculo del empuje y dimensionado de los estribos – ha tenido a lo largo de la historia.

Para ello se analizan las recomendaciones geométricas de los tratados de Vitruvio, Alberti y Palladio; las reglas de Gil de Hontañón y Blondel; y las aproximaciones científicas de Leonardo y Philippe de la Hire.

HERRAMIENTAS E INTERFAZ DESARROLLADAS

La aplicación informática se ha implementado como una extensión del programa AutoCAD® y se ha desarrollado utilizando las librerías de VisualLISP® y OpenDCL®. Está compuesta por un formulario con controles que permiten aplicar procesos en cuatro ámbitos: estática gráfica, arcos, hilos y celosías. La Fig. 1 y la Fig. 2 muestran los principales elementos de la interfaz de la aplicación que ha sido desarrollada en la Universitat Politècnica de València por los profesores del Departamento de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de las Estructuras (Adolfo Alonso y Agustín Pérez).

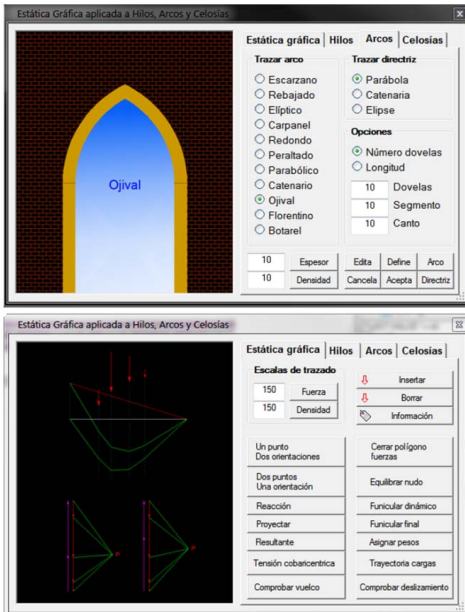


Fig 1. Interfaz de la aplicación informática desarrollada. 2012, de los autores

El área dedicada a la Estática Gráfica permite gestionar gráficamente operaciones con fuerzas (vectores) tales como: inserción, adición, descomposición, proyección, traslación, trazado de polígonos funiculares, obtención de reacciones, equilibrio de sistemas, ... En la obra de Henkel (Henkel, 1959) pueden encontrarse los fundamentos y la operativa incorporada a la aplicación. Estas construcciones gráficas han tenido una gran relevancia como instrumentos de cálculo analógico hasta el advenimiento los modernos computadores digitales. La algorítmica asociada al cálculo numérico está actualmente implementada en todos los programas de análisis de estructuras pero su uso se asemeja bastante a una "caja negra" que proporciona resultados distanciados del análisis reflexivo del problema. Las aproximaciones gráficas, por el contrario, propician el razonamiento y el entendimiento del problema y, en general, conducen a soluciones más congruentes.

En la zona destinada a Arcos se han incluido utilidades que permiten trazar paramétricamente multitud de tipos de arco y preparar el trazado para que sus elementos gráficos puedan ser analizados desde el punto de vista de la Mecánica. Para ello se utilizan entidades poligonales que representan los sólidos del sistema para el que se pretende garantizar el



equilibrio y que están caracterizados por su forma, tamaño y por el material del que están compuestos.

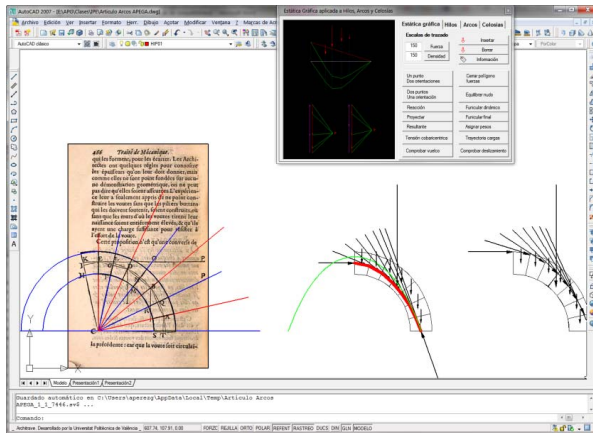


Fig 2. Implementación de la aplicación informática en el entorno de AutoCAD® 2012, de los autores

Más adelante se utiliza la herramienta para comparar las dimensiones deducidas de las reglas gráficas recogidas en los Tratados con los resultados obtenidos al aplicar las condiciones de la Estática utilizando procedimientos gráficos,

ESTUDIO HISTORICO COMPARADO

Las antiguas civilizaciones (egipcios, babilonios griegos y etruscos) utilizaron, en mayor o menor medida, el arco como elemento estructural pero sin duda fueron los romanos los que extendieron su uso a todo tipo de obras civiles – puentes, acueductos, circos, ... – además de darle rango de monumento conmemorativo.

De su pericia en el arte de la construcción de arcos quedan numerosos ejemplos en pie, por ejemplo el Pont du Gard (I a.C) con un vano central de 25 metros. Construido sin argamasa, los bloques de piedra (algunos de los cuales pesan hasta 6 toneladas) se mantienen unidos por medio de grapas de hierro. De los métodos que utilizaron los romanos para diseñar y construir arcos apenas hay información. En el único tratado de la época que ha llegado a nuestros días – Los Diez Libros de Arquitectura de Vitruvio (Vitruvio 1787) – el arco sólo se menciona en el capítulo XI del libro VI, y dice así: "Se procurará aliviar a los maderos del peso de las paredes superiores haciendo arcos con dovelas y tiranteces al centro". Se trata de arcos de descarga de muros, de medio punto, en los que las juntas entre dovelas (tiranteces) concurren en el centro del semicírculo. Mas adelante continua: "En los edificios de muchos arcos de piedra, los pilares de los ángulos se harán mas anchos, para que mejor puedan resistir el impulso; siendo cosa clara, que las piedras del arco, oprimidas de las paredes sobrepuestas, empujarán al centro". Esta última afirmación muestra un cierto desconocimiento por parte del autor sobre el funcionamiento estructural del arco. Si bien los "pilares" de las esquinas necesitan tener un cierto tamaño para soportar el empuje del arco (impulso), no es cierto que las dovelas empujen hacia el centro.

De la Edad Media apenas ha llegado documentación escrita que explique las técnicas constructivas y métodos de dimensionado utilizados. Numerosas imágenes en tapices, grabados o vidrieras recogen escenas cotidianas de los trabajos de construcción de las catedrales góticas, pero las logias de canteros guardaban los secretos del arte de construir y estos apenas han trascendido.

No obstante es indudable que existían reglas de diseño y dimensionado. Tales reglas sólo podían ser gráficas, como las que servían para definir la práctica totalidad de la obra. De nuevo, la existencia de numerosos ejemplos construidos da fe de ello. Estas reglas sólo las conocían los expertos. Así lo demuestran los informes que realizaron las Juntas de Maestros que, a lo largo de la Edad Media, analizaron y peritaron numerosas catedrales (p. ej. la de Milán o la de Gerona) en proceso de construcción.

En 1452 León Batista Alberti (Alberti, 1452) escribe uno de los primeros tratados de arquitectura del Renacimiento: "De Re Aedificatoria", en el que trata entre otros aspectos teóricos y prácticos de la Arquitectura, del arco: su forma, dimensiones y funcionamiento. En sus comentarios ensalza las virtudes del arco de medio punto pero muestra desconocimiento del comportamiento mecánico de este tipo de arco y del resto de arcos en general. Llega a afirmar que el arco de medio punto no genera empujes en los estribos – no necesita ni cuerda ni ayuda – al contrario que los demás.

"... Pero en todas las aberturas que se les pone arco se ha de procurar que el arco no sea menor que una media parte de círculo añadida una séptima parte del semidiámetro, porque afirman, que acerca de los experimentados es este el mas acomodado de todos para durar siempre. Pero todos los demás arcos piensan que son flacos para sufrir la carga y aparejados a ruina y caída.

Demás de esto tenemos entendido, que el semicírculo es un arco que no tiene necesidad de cuerda ni de ayuda. Pero todos los demás sino los aplicaredes acuerda, o pesos contrarios, con los cuales contiendan, vemos que con su misma fuerza se hienden y caen"

Leonardo da Vinci, a diferencia de Alberti, sí es consciente del empuje del arco en los estribos. Así lo demuestran los numerosos dibujos que aparecen en el Códice I de Madrid (Vinci, 1491-1493). En algunos de estos dibujos analiza la influencia de la forma del arco (mas o menos apuntado) en su comportamiento frente a una carga vertical situada en la clave. En otros pretende obtener el valor de los empujes colocando una serie de poleas que sostienen las dovelas o los estribos.

A pesar de los numerosos dibujos que Leonardo dedica a este tema, sólo en uno de ellos, el de la Fig. 3, parece que obtiene el valor del empuje horizontal en la base de los estribos el arco dibujado. La justificación del valor obtenido (empuje horizontal igual a 100) la presenta Leonardo en ese mismo folio (143r) un poco mas abajo, y dice así:

Se questo pilastro pesa 400, esso peso si riferisce tutto al centro t. E perché esso t è perpendiculare sopra il mezo della linea v X, nel punto r, e per la 9ª del 7º esso peso t di 400 toma 200, e perché la corda q h piglia altrettanto lontano dal duo centro, il peso del pilastro, quanto esso è distante al loco dove posa in v, esso peso disminuisscie la metà, onde torna 100.

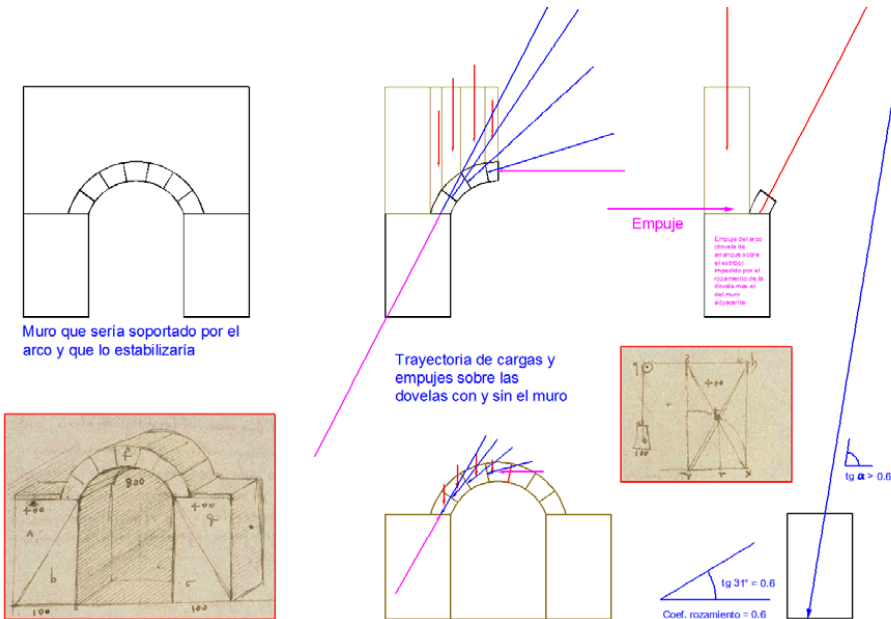


Fig 3. Dibujo de Leonardo de un arco. Folio 143 r Códice I de Madrid (Vinci 1419-1493)

En la Fig. 3 también se muestran los resultados obtenidos con la aplicación informática evidenciándose la bondad de la propuesta de Leonardo relativa a la estabilidad del estribo garantizada por su regla.

Las reglas geométricas propuestas por Rodrigo Gil de Hontañón datadas entre 1544 y 1554 por Sanabria (1982) las incluye Simón García (García, 1681) en el Compendio de Arquitectura y Simetría de los Templos. Hijo de un conocido constructor gótico, y por tanto seguro conocedor de la tradición constructiva, investiga acerca de las reglas a aplicar en las nuevas trazas propuestas por el Renacimiento, y así lo expresa justo antes de proponer la primera regla:

"Probado he muchas veces a sacar Raçon del estribo que abrá menester vna qualquiera forma Y nunca hallo



Regla que me sea suficiente, y tambien le he probado entre arquitectos españoles y estrangeros, y ninguno parece alcançar verificada ReGla, mas de un solo albedrio y preguntando por que sabremos ser aquello bastante estribo se responde por que lo a menester, mas no por que raçon. Unos le dan el $\frac{1}{4}$. Y otros por ciertas lineas ortoGonales lo hacen, y se osan encomendar a ello teniendolo por firme, vna e yo trabajando y es de esta manera..."

El texto continúa con la descripción de las reglas geométricas "Otra ReGla" y "Otra ReGla General", para arcos de medio punto. Ambas reglas, cuya trazado geométrico se muestra en la Fig. 4 parecen aplicarse al caso de un arco que soporta un muro del mismo ancho que el arco y el estribo, de modo que a partir del trazado del intradós del arco y conocida la altura de carga que éste deberá soportar (Punto R y B respectivamente) se determina el canto del estribo y del arco.

En la tercera imagen de La Fig. 4 se representa la regla para determinar el canto del estribo de todo tipo de arcos (no sólo los de medio punto). Su valor se determina a partir de la traza del intradós y la altura a la que se sitúa el arranque del arco (altura del estribo a dimensionar), siendo el canto de la rosca igual al obtenido para el estribo. En esta construcción geométrica se puede apreciar que los arcos rebajados necesitan estribos mas anchos, al contrario que los apuntados, lo cual tiene su justificación si se tiene en cuenta que el empuje horizontal de los arcos rebajados es bastante mayor que el de los apuntados.

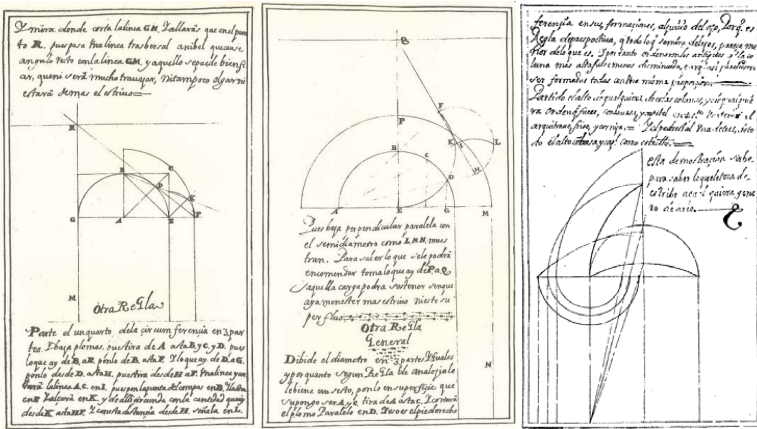


Fig 4. Reglas de Rodrigo Gil de Hontañón para la deducción gráfica del tamaño de los estribos de un arco. (García 1681)

En 1570 se publica en Venecia el tratado de arquitectura de Andrea Palladio: Los Cuatro libros de Arquitectura, (Palladio, 1570) seguramente uno de los tratados más influyentes en la historia de la Arquitectura junto con el de Vitruvio. Es en el capítulo XIII del libro I donde Palladio propone, sin darle demasiada importancia "la regla del tercio" para dimensionar los machones o pilares en pórticos con arcos, que consiste en darles un espesor igual a $\frac{1}{3}$ de la luz del arco. Dice así:

"... en los pórticos con arcos sobre machones o pilares, no deben ser estos – los intercolumnios- mas estrechos del tercio del claro entre machón y machón, y los de los cabos ó ángulos serán dos tercios, á fin de que sean mas sólidos y firmes como es necesario. Quando estos pórticos de arcos hubieren de sostener mucho peso, entonces los machones se harán gruesos por la mitad el claro, como son los del teatro de Vicenza y los del anfiteatro de Capua: ó bien aún sus dos tercios, como son los del teatro de Marcelo en Roma (...) Los antiguos los hicieron a veces tan anchos como todo el vano, según es de ver en el teatro de Verona por la parte que no está sobre peña. En los edificios de particulares no se harán menores del tercio del claro ni mayores de los dos tercios."

Si se realiza el análisis de uno de los arcos del teatro Marcelo (Fig. 5) se puede observar que el dimensionado de los estribos es apropiado ya que, con un margen de seguridad razonable, garantiza la estabilidad del arco y del estribo.

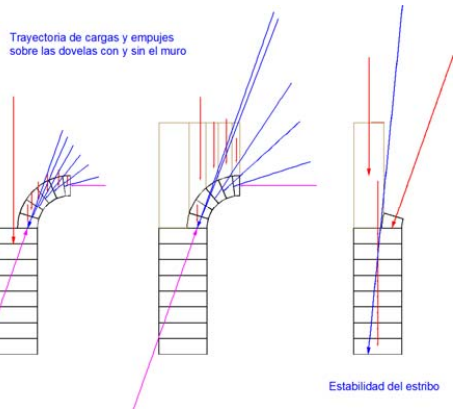
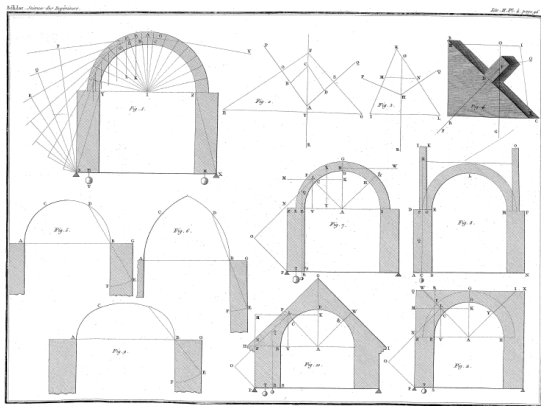
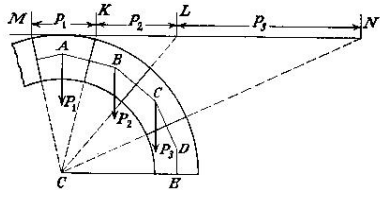


Fig 5. Estudio del Teatro de Marcelo en Roma (Piranesi 1835-1839)

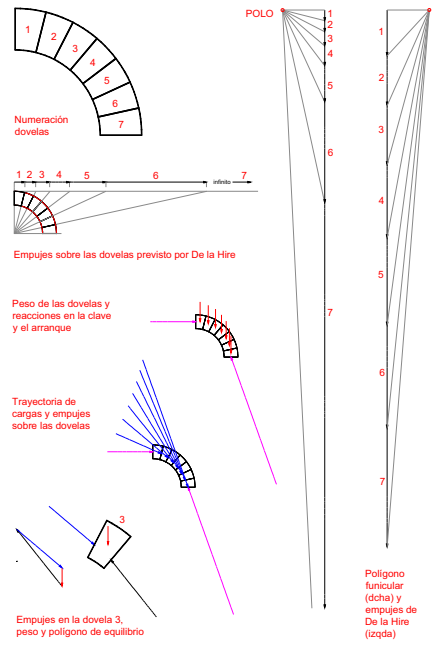
En 1643 François Derand (Derand, 1643) publica el tratado de cantería llamado, *L'Architecture des voûtes, ou l'art des traits, et coupes des voûtes; Traité tres-utile et necessaire a tous les architectes, Maltres Massons, Apparçilleurs, Tailleurs de Pierres*, en el que propone la regla de dimensionado de estribos de la Fig. 6a e indicando que esta construcción geométrica que permite dimensionar el espesor del estribo de cualquier tipo de arco tiene origen medieval. El método consiste en dividir el arco del intradós en tres partes iguales, obteniendo el punto desde el cual se dibuja la recta que pasa por el arranque del arco para obtener el ancho del estribo. Esta regla también se conoce como regla de Blondel, al haberla incluido éste en su *Traité d'Architecture* de 1675. Apareciendo, a partir de entonces, en numerosos tratados de ingeniería. La imagen de la Fig. 6a corresponde a la publicada por Belidor (Belidor 1729) en *La Science des ingénieurs dans la conduite des travaux de fortification et d'architecture civile*.



(a) Regla de Derand/Blondel



(c) Regla de De la Hire



(b) Comparación de la Regla de De la Hire

Fig 6. Reglas propuestas por Derand/Blondel y por De la Hire (Belidor, 1729 y De la Hire, 1695)



Al analizar esta regla, a la que parecen ajustarse los trazados de numerosas iglesias y capillas, se obtienen resultados razonables para las esbelfeces habituales en esas naves. No obstante, esa regla no tiene en consideración la altura del estribo por lo que, a diferencia de lo que ocurre con la regla de Gil de Hontañón, su aplicación no puede generalizarse con un margen de seguridad suficiente.

Para finalizar, se analiza el trazado de empujes propuesto por primera vez por Philippe de la Hire en su tratado de mecánica (De la Hire, 1695). Será a partir de entonces cuando las reglas geométricas empiecen a dar paso a los procedimientos matemáticos de obtención de pesos y empujes.

Comparando el funicular propuesto por De la Hire Fig. 6c con el obtenido por medio de la aplicación informática Fig. 6b se aprecia que la aproximación no se ajusta a la situación real de los empujes ya que subestima los de las dovelas cercanas a la clave y sobrestima sustancialmente los de las dovelas cercanas al arranque. En particular, la dovela de arranque estaría sometida a un empuje "infinito".

CONCLUSIONES

A lo largo de este artículo se han analizado cronológicamente algunas reglas geométricas de dimensionado de arcos, algunos ejemplos construidos y las primeras aproximaciones al problema de la mecánica del arco, concluyendo que todos ellos se ajustan en mayor o menor medida a los resultados ofrecidos por la aplicación informática.

Estos resultados demostrarían que las reglas geométricas recogidas en los tratados funcionan, siendo válidas como método de dimensionado y peritación. Se propone una recuperación de la grafostática, método mucho más intuitivo de análisis estructural, como herramienta de diseño y peritación adaptándola a los nuevos tiempos con ayuda de las herramientas gráficas disponibles en el mercado.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alberti, L.B. (1452) *De Re Aedificatoria*. Traducidos del latín por Antonio de Eraso. Madrid: Casa de Alonso Gómez, impresor de su majestad.

Belidor, F.B. (1729) *de La science des ingénieurs, dans la conduite des travaux de fortification et d'architecture civile*. Paris, Chez Firmin Didot. 1813.

De la Hire, P. (1695) *Traité de mécanique: ou l'on explique tout ce qui est nécessaire dans la pratique des Arts et les propriétés des corps pesants les quelles ont un plus grand usage dans la Physique*. Paris: Imprimerie Royale 1695

Derand, F. (1755) *L'Architecture des voûtes, ou l'art des traits, et coupes des voûtes; Traité tres-utile et nécessaire a tous les architectes, Maltres Massons, Apparçilleurs, Tailleurs de Pierres*. Troisième édition revue et corrigée. Paris, Ches Duchesne

García, S. (1681) *Compendio de arquitectura y simetría de los templos conforme a la medida del cuerpo humano: con algunas demostraciones de geometría*. Año de 1681. Recoxido por diversos autores, naturales y estrangeros (sic) (Tomo facsimil) Colegio Oficial de Arquitectos de Valladolid 1991

Henkel, Otto. (1959). *Estática gráfica*. Barcelona: Labor.

Palladio, A. (1797) *Los Cuatro Libros de Arquitectura*. Traducidos e ilustrados con notas por Don Joseph Francisco Ortiz y Sanz. Madrid: Imprenta Real 1797.

Piranesi, G.B. (1835-1839) *Le antichità Romane*. Tomo 4. Paris Firmin Didot Freres, Paris, 1835-1839.

Sanabria, Sergio L. 1982. The mechanization of design in the 16th century: The structural formulae of Rodrigo Gil de Hontañón. *Journal of the Society of Architectural Historians*, 41

Timoshenko, Stephen P. 1953. *History of Strength of Materials*. New York: McGraw-Hill. Book Company. (Reimpr. New York: Dover, 1983.)

Vinci, L. da (1491-1493) *Codice I* Madrid. Versión digital on line [consulta: 6-02-2012]. <http://www.leonardodigitale.com/>

Vitruvio, M. (1787) *Los Diez Libros de Arquitectura*. Traducidos del latín, y comentados por J. Ortiz y Sanz. Madrid: Imprenta Real, 1787. (Edición facs. Barcelona: Serie Arte y Arquitectura, Editorial Alta Fulla, 1987.) [consulta: 20-05-2011]. http://gilbert.aq.upm.es/sedhc/biblioteca_digital/lista_autores.htm

APLICACIÓN WEB DE RESULTADOS DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CON VISTAS PANORÁMICAS

Mercedes JIMÉNEZ MUÑOZ

Universidad de Extremadura
Departamento de Expresión Gráfica

RESUMEN

It offers the implementation of the new website of the Research Group in Geomatic Engineering and Urban Heritage (IGPU) for the dissemination of research results of the new Virtual atlas (Regional Research Project). Also shown are the virtual tours using interactive spherical photographs of monuments of historical heritage of Extremadura.

It has established a uniform structure for the web portal, allows for future extensions for new projects, with interactive film strips for emphasize the graphic content. They also can establish the sequence of processes involved in each project.

For the generation of virtual tours, interactive spherical panoramic pictures have been used. The process followed was: taking pictures in wide-angle lens, processing photos with the software and generation of spherical photography, implementation of interactive virtual tour (information, connection points with other virtual tours, interactive display design and motion controls).

INTRODUCCIÓN

Se ofrece la plataforma web, creada como un escaparate virtual de gran difusión. Se ha diseñado a modo de presentación dinámica que destaca los aspectos visuales de los proyectos elaborados por el Grupo de Investigación de Ingeniería Geomática y Patrimonio Urbano (IGPU) sobre levantamientos arquitectónicos tridimensionales y representación fotorrealista de ciertos conjuntos monumentales de Extremadura. Además, se muestran algunas fotografías panorámicas esféricas presentadas a modo de recorrido virtual del entorno del casco histórico de Cáceres o de los monumentos que se han levantado.

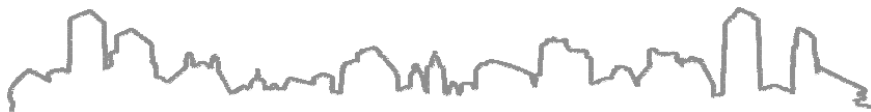
Surge para dar respuesta a las aspiraciones del PRI: modelado tridimensional de precisión, estudio de patologías-estructural y paseos virtuales por el Patrimonio Histórico y Cultural de Extremadura, una de cuyas principales metas es: Potenciar el conocimiento del patrimonio arquitectónico mediante un atlas hipermedia accesible a través de internet. Se trata de un proyecto basado en la aplicación de nuevas tecnologías para generar modelos métricos tridimensionales de alta precisión geométrica de los monumentos más significativos.

En el portal web, para mostrar el contenido y las características de los trabajos incluidos dentro del Atlas virtual de Extremadura, se ha configurado una estructura uniforme que recoge todos sus aspectos esenciales. Para destacar el contenido gráfico de cada uno de los proyectos, se ha elaborado una tira de imágenes interactiva en movimiento que exhibe de forma atractiva los contenidos visuales más significativos. Esta animación es también el medio para referir la secuencia de los procesos en la metodología aplicada para conseguir el resultado. El formato es complejo y versátil, capaz de adaptarse a la diversidad de elementos que conforman la plataforma virtual, propiciando al mismo tiempo una infraestructura común y un esquema general predefinido para los futuros proyectos, con flexibilidad para dar respuesta a las peculiaridades de cada uno de ellos.

Para obtener las fotografías panorámicas, con la cámara fotográfica con el objetivo gran angular orientada en posición vertical y montada sobre la rótula y el trípode en la ubicación elegida, es posible cubrir los 360° de rotación alrededor del eje panorámico realizando un solo barrido completo con un solape adecuado en el área fotografiada en dos tomas contiguas. Con esos fotogramas más los dos correspondientes al encuadre totalmente vertical hacia arriba y hacia abajo se registra toda la escena. Después del procesado con el software que permite unir las fotografías se obtiene la panorámica equirrectangular, que representa toda la esfera convertida a plano y puede visualizarse como panorámica esférica dinámica o inmersiva. Es posible interactuar sobre ella para desplazarse por esa imagen volumétrica ininterrumpida o para acercarse o alejarse mediante los botones de control.

Las visitas virtuales se realizan con fotografías panorámicas esféricas dentro de una presentación multimedia interactiva que facilita los recorridos por el entorno de los monumentos del Atlas virtual y otros escenarios importantes del casco histórico de la ciudad de Cáceres. Sobre las fotografías panorámicas se han insertado puntos de conexión que permiten pasar de un escenario a otro dentro de la misma pantalla e identificar los edificios más significativos del entorno interactuando sobre la propia visualización dinámica.

Una infraestructura compleja da cabida a la multiplicidad de elementos componentes que se muestran y está diseñada para poder incorporar otros similares a medida que se desarrollen futuros proyectos. Se presenta una herramienta virtual, dinámica e interactiva que aprovecha las posibilidades de las nuevas tecnologías como plataforma multimedia al servicio de la difusión de los proyectos del grupo de Investigación IGPU.



OBJETIVOS

Como objetivos generales a alcanzar se proponen:

- Implementar un entorno web para la difusión de resultados de proyectos de investigación en el ámbito de la Ingeniería Geomática y el Patrimonio Urbano.
- Destacar los aspectos esenciales de los levantamientos.
- Generar vistas panorámicas que faciliten al visitante virtual el recorrido por las diferentes localizaciones.
- Potenciar el conocimiento del patrimonio arquitectónico mediante un atlas hipermedia accesible a través de internet.

CONTENIDO

Para que la investigación cumpla con su función de utilidad pública debe proyectarse, procurar la trascendencia en el entorno y que sus resultados reviertan en la sociedad. La extensión del conocimiento ha de verse favorecida por la difusión de los trabajos realizados o la propia utilidad del desarrollo de las aplicaciones. Bajo el amparo de estas premisas, se articulan como logros más importantes:

- Propiciar la difusión de los trabajos realizados en las áreas de Ingeniería Geomática y Patrimonio Urbano.
- Aprovechar las posibilidades de las nuevas tecnologías como plataforma para la transferencia de resultados de investigación.
- Diseñar una herramienta dinámica y potente que favorezca la presentación de los contenidos gráficos de los proyectos.
- Obtener fotografías panorámicas esféricas a modo de visitas virtuales en el entorno del casco histórico de la ciudad de Cáceres y de los monumentos levantados.
- Facilitar el acceso conjunto desde un único archivo a múltiples paseos virtuales de los recintos monumentales, a modo de visita autoguiada.
- Presentar el montaje multimedia de los recorridos para la inmersión virtual del usuario de forma interactiva en la escena que desee.

La plataforma virtual es capaz de facilitar el acceso a los contenidos gráficos de los proyectos del Grupo de Investigación de Ingeniería Geomática y Patrimonio Urbano, aportar documentación complementaria sobre los monumentos levantados y percibir su entorno mediante recorridos virtuales autoguiados

El portal web da cabida a los proyectos realizados hasta el momento y se presenta con una arquitectura abierta capaz de adaptarse a las perspectivas de futuro en la transferencia de resultados de investigación.

Estos proyectos giran en torno a la aplicación de nuevas tecnologías para generar modelos métricos tridimensionales de alta precisión geométrica de los monumentos más significativos, documentando futuros estudios, investigaciones e intervenciones relacionados con la aplicación de la fotogrametría terrestre a edificios históricos, el desarrollo del sistema láser en monumentos significativos y la realización de simulaciones virtuales.

Las tiras de imágenes interactivas sirven de vehículo para destacar los aspectos gráficos de los trabajos mostrados, por considerarlos una herramienta eficaz y visualmente atractiva al servicio de la información práctica cumpliendo las funciones de difusión.

Además se aporta un nuevo complemento documental de los valores patrimoniales en el entorno de los conjuntos monumentales, obteniendo las fotografías panorámicas esféricas y los procedimientos para mostrarlas en una presentación a modo de visita virtual guiada.

Implementación web

El sitio web es un conjunto de documentos vinculados con atributos compartidos, temas relacionados, un diseño similar o un objetivo común y una configuración convenientemente organizada en función de la jerarquía o las características.

Su estructura general se ha creado a partir de un esquema de diseño que regula todo el material que se va a exponer, combinando las ventajas de la organización en árbol con la organización en red. Esta distribución en múltiples páginas interconectadas entre sí aporta una mayor agilidad a la navegación y facilita el acceso a la sección o al documento que se desea.

El formato es complejo y versátil para adaptarse a la diversidad de elementos que conforman la plataforma virtual, propiciando al mismo tiempo una infraestructura común y un esquema general predefinido para los futuros proyectos, con flexibilidad para adaptarse a las peculiaridades de cada uno de ellos.

Contiene información sobre el grupo de investigación, los proyectos contenidos en el Atlas virtual de Extremadura, otros realizados mediante la aplicación de las técnicas geomáticas y diversos enlaces relacionados. Dentro del Atlas virtual de Extremadura se presentan:

- Visitas virtuales con fotografías panorámicas esféricas para recorrer y percibir los escenarios de los proyectos.
- El levantamiento arquitectónico de la Iglesia de Santa Lucía del Trampal en Alcuéscar y los levantamientos arquitectónicos tridimensionales fotorrealistas de la Plaza Mayor y de la plaza de Santa María del casco antiguo de Cáceres, del acueducto San Lázaro en Mérida y de la villa romana de Monroy.

Una vez analizado el contenido y las características de estos trabajos se ha elaborado una estructura uniforme para presentar todos sus aspectos esenciales. Cada uno de estos proyectos es objeto de un desarrollo específico pormenorizado en el que se detallan: Identificación, Objetivos, Historia, Metodología, Resultados y Equipo técnico. Además de indicar los datos generales de identificación, se acompaña una breve reseña histórica del monumento o los monumentos estudiados, se especifican los objetivos del proyecto, se presentan los procedimientos seguidos para alcanzarlos, el equipo técnico utilizado y, finalmente, se expone el resultado final obtenido. Desde Resultados se procura el vínculo al vídeo de presentación del proyecto, el enlace a las visitas virtuales y al documento sobre el estudio de las patologías de las fachadas de los edificios.

De esta forma, se muestra el contenido de los trabajos mediante una estructura común que aporta cohesión y que facilita el acceso a la información principal.

Para destacar el contenido gráfico de cada uno de los proyectos, se ha elaborado una tira de imágenes interactiva que explora de forma dinámica y atractiva los contenidos visuales más significativos. Esta animación es también el medio para referir la secuencia de los procesos en la metodología aplicada para conseguir el resultado.

Las visitas virtuales se realizan con fotografías panorámicas esféricas dentro de una presentación multimedia que permite pasar de un escenario a otro y en la que es posible identificar los edificios más significativos del entorno interactuando sobre la propia visualización dinámica. Se presentan integradas en cuatro presentaciones multimedia: Casco histórico de Cáceres, Acueducto de San Lázaro, Santa Lucía del Trampal y Villa romana de Monroy.

Se ha utilizado un mismo formato general en las diferentes páginas, garantizando la homogeneidad del conjunto, sin embargo se han establecido algunas particularidades y pequeñas diferencias que permiten ajustarse a cada tema y personalizarlo.

Para facilitar la navegación, cada página tiene los vínculos necesarios que permiten al usuario el acceso a las secciones más importantes del sitio desde diferentes enlaces.

El vínculo a las Visitas virtuales abre siempre una ventana emergente, con las dimensiones necesarias para visualizar el contenido completo de las fotografías panorámicas esféricas, que puede ampliarse a pantalla completa.

En la página del Atlas virtual se incluye una tira de imágenes en movimiento que presenta los diferentes proyectos, facilitando la aproximación a su contenido gráfico y una breve visita demostrativa.

En las páginas de presentación de cada uno de los proyectos se ha incluido un plano de situación interactivo que permite localizar exactamente el emplazamiento del monumento o del conjunto monumental sobre el que trata. Además, como refuerzo de los aspectos visuales, se muestran unas imágenes dinámicas que permiten la exploración rápida del proyecto a modo de exposición gráfica representativa del contenido.

Para el acceso a las visitas virtuales se ha creado una presentación multimedia interactiva que facilita los recorridos por el entorno de los monumentos.

Sobre las fotografías panorámicas se han insertado puntos de conexión que permiten pasar de un recorrido virtual a otro dentro de la misma pantalla de visualización. También se han añadido rótulos explicativos para identificar los principales edificios en la visita virtual, que responden a la acción del dispositivo señalador.

Fotografía panorámica esférica

La fotografía panorámica digital, o panografía, se consigue uniendo fotografías digitales individuales, sucesivas y solapadas por medio de un programa informático. Las que cubren todo el espacio desde el cielo al suelo se denominan esféricas. Se obtienen con disparos constantes en secuencias longitudinales y latitudinales que se componen para crear una panorámica de $360^\circ \times 360^\circ$

Según la visualización, es necesario diferenciar los dos tipos de fotografía panorámica esférica: estática y dinámica. La estática se presenta como una sola representación plana. La fotografía panorámica esférica dinámica, llamada también fotorama en 360° , se percibe como una imagen volumétrica ininterrumpida sobre la que es posible ver, interactivamente, las sucesivas escenas continuas, mediante un programa visualizador, siguiendo los movimientos del cursor sobre ella.

Las panorámicas esféricas proporcionan una experiencia única, transmitiendo una sensación muy próxima a la de estar presente directamente en la escena. El campo visual es similar al real y se puede ver todo alrededor.

El proceso para generar fotografías panorámicas se inicia con la toma de fotografías en los escenarios seleccionados, ajustando los parámetros técnicos que deben regularse antes de obtener las imágenes.

Es importante seleccionar adecuadamente el escenario y localizar el punto de estacionamiento en los entornos singulares de las zonas del levantamiento, buscando el equilibrio en la composición según la distancia a los edificios significativos.

Con la cámara montada sobre la rótula se nivela sobre el trípode, estacionado en la localización deseada. Esta serie continuada de fotografías tomadas en los escenarios monumentales posteriormente se une mediante el procesado con un software especializado. Para obtener una secuencia de disparos de calidad es necesario utilizar una rótula panorámica que garantiza la nivelación del eje panorámico, el control del ángulo de rotación entre un encuadre y el siguiente, la eliminación del problema de paralaje entre los objetos cercanos y lejanos de la escena al colocar el punto nodal del objetivo exactamente sobre el eje de rotación y, finalmente, el giro alrededor de otro eje adicional para secuencias panorámicas con diferentes ángulos verticales.

El objetivo gran angular permite abrir el campo visual de cada encuadre. Al utilizarlo con la orientación de la cámara en posición vertical,



es posible cubrir los 360° de rotación alrededor del eje panorámico realizando un solo barrido completo con una única fila de fotografías.

Con esos 8 o 12 fotogramas más los dos correspondientes al encuadre totalmente vertical hacia arriba y hacia abajo (90° y -90°) para completar la información de la parte superior e inferior, del cielo y del suelo situado debajo del trípode, se cubre toda la escena, obteniéndose además un solape adecuado en el área fotografiada en dos tomas contiguas.

Debe seleccionarse el control manual para dejar fijos los parámetros intermedios de tiempo de exposición y apertura de diafragma, compensando entre el rango de las zonas más y menos luminosas, que deben conservarse invariables en toda la serie con el fin de obtener un resultado uniforme.

Se recomienda activar el disparo automático y obtener tres fotografías desde cada encuadre al mismo tiempo, con ligeras variaciones en el valor de la obturación, por encima y por debajo de los parámetros normales, para encontrar la serie que mejor se ajuste a las condiciones de iluminación sin tener que ir repitiendo el proceso.

Además de los aspectos puramente técnicos también es necesario controlar los factores ambientales, que tienen una incidencia directa sobre las imágenes. Dado que influye la luminosidad del entorno, para evitar zonas en claroscuro se recomienda hacer las fotografías en días nublados en los que la luz ambiental es homogénea. También es importante eludir la aparición de elementos extraños en los fotogramas, tales como vehículos, animales o personas. Por ello, es conveniente realizar las tomas a primera hora de la mañana de un día festivo.

Se cargan en el software de procesado todas las fotografías de la misma serie para unirlas formando la fotografía panorámica equirectangular, una representación de toda la esfera convertida a plano en la que los objetos de la escena real aparecen bastante deformados.

Esta misma imagen puede visualizarse como panorámica esférica dinámica, o inmersiva, dentro del mismo programa informático. Mediante los controles del cursor o del menú de la barra que aparece superpuesta en la parte inferior de la pantalla se interactúa sobre ella para desplazarse por esa representación volumétrica ininterrumpida o para acercar o alejar la visualización.

Debe revisarse toda la escena completa para comprobar si se han producido errores en la unión de algunas zonas de la imagen y poder corregirlo. Aunque las fotografías se compongan correctamente de forma automática, sin necesidad de realizar ajustes manuales con puntos de control, resulta obligado eliminar la rótula y el trípode, que aparecen de forma inevitable formando parte de la escena.

Para ello, es necesario convertir esa proyección equirectangular en cúbica, separando las 6 caras del cubo imaginario que forma la panorámica esférica. Se obtienen 6 imágenes, 4 de ellas unidas formando una sola con las proyecciones de las caras verticales del cubo, y las dos últimas, colocadas a continuación, que corresponden a las caras horizontales superior e inferior. Sobre esta última se actuará para eliminar de forma sencilla el trípode aplicando técnicas de tratamiento de imágenes, borrando la parte afectada y reconstruyendo el suelo mediante clonación de partes cercanas dependiendo de las texturas y características del terreno.

Para difundir las visualizaciones obtenidas y poder disfrutar de visitas virtuales a través de la web, es necesario exportar el archivo al formato más adecuado.

Visitas virtuales

La presentación multimedia final se realiza con el montaje de las fotografías panorámicas esféricas obtenidas. Se recurre al software especializado en el diseño multimedia de las visitas guiadas por ordenador para generar la configuración final de la presentación de los recorridos virtuales por los diferentes escenarios

Una vez creadas las diferentes fotografías panorámicas esféricas, se puede procesar un montaje con todas ellas que facilite la inmersión virtual del usuario interactivamente en la escena elegida.

Resulta conveniente asegurarse de que la visualización de las imágenes es correcta y que responde al accionamiento de los botones del ratón o de los controles incorporados en la parte inferior del Escenario. También se debe comprobar el correcto funcionamiento de los accesos a las escenas desde las fotografías y desde los nombres de la caja de Listado

Para completar la información gráfica que se muestra mediante rótulos que identifican los monumentos más destacados en cada escena, es necesario crear las ventanas emergentes oportunas y definir su contenido y características. Se diseñan como un complemento informativo eficaz, sin entorpecer demasiado la visualización general.

Se debe acceder a la imagen equirectangular plana de una de las escenas y añadir sobre ella un punto de acceso en el lugar de identificación de un edificio. Una vez creado el punto interactivo hay que atribuirle la acción que le corresponda para especificar la ventana que se mostrará y ajustar las características del proceso. Realmente, se están asignando dos acciones que funcionarán conjuntamente de modo alternativo, como un conmutador, estableciendo que la visualización de los rótulos identificativos quede regulada de forma automática al colocar sobre el punto de acceso el dispositivo señalador, cerrándose la información inmediatamente después, sin necesidad de tener que pulsar para activarlo o desactivarlo.

Se insertan además otros puntos de conexión, diferenciados por un color distinto, que servirán de vínculo con las escenas más próximas, guiando el seguimiento sucesivo del recorrido virtual y facilitando la interrelación entre ellos.

Una vez incluidas las informaciones necesarias sobre todas las escenas, se debe comprobar la visualización de las ventanas emergentes vinculadas, el contenido de los rótulos informativos y el funcionamiento de los enlaces de una escena a otra en los sucesivos recorridos
Finalmente es necesario publicar el documento para que pueda visualizarse en un entorno web.

Equipo técnico

Se resume el equipo material e informático utilizado.
En la creación del portal web (Tabla I):

Equipo técnico	Uso
ADOBE DREAMWEAVER CS4, software	Crear las páginas web.
ADOBE FLASH CS4 PROFESSIONAL, software	Elaborar las tiras de imágenes interactivas. Generar otros componentes del diseño.
HTML, lenguaje de programación	Modificar y corregir el código fuente.
CSS, estilos en cascada	Especificar los parámetros de los atributos que controlan la apariencia de los elementos.
PHOTOFILTRE STUDIO X, software.	Ajustar el tamaño de las imágenes.

Tabla I. Equipo técnico utilizado para la página web

En la realización de los recorridos autoguiados (Tabla II):

Equipo técnico	Uso
CANON EOS 5D, cámara fotográfica de 12,8 Mp con objetivo de 15 mm.	Tomar fotografías.
303 SPH, rótula panorámica multifilas de <i>Manfrotto</i> .	Mantener el centro de giro de la cámara. Regular el solape entre las fotos.
Trípode de <i>Manfrotto</i> con nivel de burbuja.	Nivelar el equipo Asegurar el estatismo
PANOWEAVER 7.20 PROFESSIONAL Edition de <i>Easypano</i> , software.	Unir las fotografías. Obtener las panorámicas equirectangular y cúbica. Visualizar la panorámica esférica dinámica. Eliminar el trípode de la imagen. Exportar los resultados.
TOURWEAVER 6.50 PROFESSIONAL Edition de <i>Easypano</i> , software.	Diseño del entorno de visualización. Generar las presentaciones multimedia de los recorridos virtuales inmersivos. Identificar los principales monumentos con puntos de acceso. Añadir puntos de enlace entre escenas.
ADOBE PHOTOSHOP CS5, software.	Editar la imagen del suelo.

Tabla II. Equipo técnico utilizado para las visitas virtuales

CONCLUSIONES

- Esta herramienta virtual, interactiva y dinámica cumple tres funciones simultáneamente:
 - Aprovechar las posibilidades de las nuevas tecnologías como plataforma multimedia al servicio de la difusión y transferencia de resultados de investigación.
 - Favorecer la presentación de los contenidos gráficos de los proyectos del grupo de Investigación IGPU.
 - Ofrecer un soporte para generar recorridos virtuales.
- Se trata de una infraestructura compleja que da cabida a la multiplicidad de elementos componentes que se muestran y está diseñada para poder añadir otros elementos similares a medida que se desarrollen futuros proyectos.
- El portal lo conforman diferentes páginas web que configuran y posibilitan la navegación, ventanas emergentes, tiras de imágenes interactivas y dinámicas para la exploración rápida de los proyectos y otra documentación gráfica y de datos en formato PDF.
- Se posibilita el acceso combinado desde un único archivo a múltiples recorridos virtuales de forma interactiva, a modo de visita autoguiada.
- En la presentación multimedia se realiza el montaje de los recorridos por los recintos monumentales mediante la inmersión virtual del usuario de forma interactiva en la escena deseada.
- Se propone la apertura de otras vías de investigación basadas en la aplicación de las técnicas y procedimientos



expuestos, tales como:

- o Organización y vinculación de bases de datos catastrales, urbanísticas y arquitectónicas en un atlas completo desde una interfaz gráfica común.
- o Implementación de un SIA (Sistema de Información Arquitectónica) para visualizar, interpretar y combinar la información de las diferentes plantas, alzados y secciones.
- o Estudio de la evolución de un núcleo urbano desde su realidad monumental y la reconstrucción de su configuración en las épocas históricas más significativas.
- o Catalogación de detalles arquitectónicos y el estudio de las tipologías constructivas.
- o Realización de visitas virtuales del modelado fotorrealista tridimensional para complementar la documentación gráfica con una percepción basada en la experimentación dinámica e interactiva.

Referencias bibliográficas

Bertrand, B, 2005, *Fotografías panorámicas por ensamblaje*. CEAC, Barcelona.

Ibabe, I, Jaureguizar, J, 2005, *Cómo crear una web docente de calidad*, Gesbiblo, La Coruña.

Jiménez Muñoz, M, 2011, *Implementación web para la difusión de resultados de proyectos de investigación en el ámbito del patrimonio y generación de vistas panorámicas para visitas virtuales*, Unpublished, Cáceres

Lemay, L, 1998, *Aprendiendo HTML 4 para web en una semana*, Prentice Hall , México.

Orós, J L, 2009, *Adobe Flash CS4 Professional. Curso práctico*, Ra-Ma, Paracuellos del Jarama.

Peña, Ó, 2009, *Dreamweaver CS4*, Anaya Multimedia, Madrid.

Sánchez, J M, 2003, *Fotografía digital: todo sobre la fotografía digital, las cámaras y su funcionamiento*, Anaya Multimedia, Madrid.

SOFD, 2010, *Curso de Diseño web para la docencia universitaria*. Servicio de Orientación y Formación Docente. Universidad de Extremadura.

ARQUITECTURA EFIMERA EN LA FERIA DE ABRIL DE SEVILLA. "LA PORTADA".

Manuel Jesús JIMÉNEZ VARO
Miguel Ángel PEREZ CABO

Universidad de Sevilla
Departamento de Expresión Gráfica en la Ingeniería de Edificación

ABSTRACT.

The City Council of Seville convenes each year a public contest for the design of the "Portada de Feria". This year the contest was adjudicated to two Technical Architects, i.e., professor and old student of the Seville High School. The design process is the object of this communication.

As a historical basis of the "Portada", the main facade of the Colegiata del Salvador was selected. It is a recently restored monument, whose architectural values and incardination in historical memory of the city are undeniable.

In the design process, the computer aided design (CAD) programs have taken an important role, although, first of all naturally a stage of ideas was developed over a blank sheet of paper with a pencil as a unique tool. We shall tell all of you about this complete process.

0. INTRODUCCIÓN.

0.1 LA FERIA DE SEVILLA

La Feria de Abril de la ciudad de Sevilla constituye uno de los eventos festivos más importantes que se celebran en España. De hecho, la fama de esta fiesta trasciende el ámbito nacional para extenderse más allá de nuestras fronteras, alcanzar renombre mundial y atraer a la ciudad de Sevilla miles de visitantes. Todos ellos acuden a nuestra ciudad atraídos por el colorido, la alegría, la incorporación a la fiesta de las raíces más profundas del carácter, de los modos de vida tradicionales del pueblo sevillano y por extensión del pueblo andaluz, con sus vistosos atavíos, bailes y cantes tradicionales, bellos carruajes que transitan por el denominado "Real de la Feria" y los jinetes y amazonas que pasean ante el asombro y la admiración de propios y extraños. La ciudad entera se vuelca durante los días de Feria en un amplio espacio denominado "El Real" situado en el borde de la ciudad, de tal manera que su bullicio no perjudique la actividad y el descanso de la ciudadanía, que a diferencia de lo que ocurre en otras ciudades, no interrumpe su quehacer habitual más que lo imprescindible para pasar horas de solaz, de relación social y diversión en este espacio diseñado para ello.

El diseño y la construcción de los elementos que configuran este espacio, obedecen a las propias características de la Feria y habiéndose definido a lo largo de la historia, con los cambios y modificaciones que las propias necesidades de espacio por el crecimiento de la ciudad y por los requerimientos que las condiciones de seguridad ante una concentración humana elevadísima plantea, como por las aportaciones tecnológicas que se incorporan.

En definitiva, El "Real de la Feria" es una ciudad, con carácter evidentemente efímero, porque prestará servicio durante poco más de una semana, pero que va a constituir el espacio en que, tanto de día como de noche, se va a concentrar más de un millón de personas y un buen número de carruajes de tracción animal y caballerías.

Esta ciudad se configura con trazado básicamente ortogonal en que amplias avenidas, calzadas adoquinadas para vehículos y caballerías y anchas aceras para uso peatonal. conforman manzanas cerradas que acogen las "casetas". Estas casetas, en los orígenes de la fiesta, cuando nació como feria de ganados en que ganaderos y tratantes hacían negocios, cumplían una función de lugar de descanso y protección de los rigores del calor, con el tiempo han devenido en lugares para bailes y cantes, para la relación social durante los días de Feria. Tanto en las "casetas" institucionales, cuyos titulares son empresas, asociaciones o instituciones públicas ó privadas, como en las denominadas "familiares", los sevillanos se divierten, cantan, bailan, comen y beben, pero sobre todo, practican el arte a veces tan olvidado en nuestra sociedad actual de la relación social, la hospitalidad con el visitante y la charla distendida y amable.



0.2 LA PORTADA

En este espacio urbano, en el que reminiscencias agrícolas y ganaderas han pasado a ser meros motivos de disfrute visual y estético, existe una recuperación de la configuración tradicional de explotaciones agrícolas de la campiña sevillana, la "portada". Incluso alejándonos en el tiempo y la historia ciudadana, encontraríamos una acertada referencia en las Puertas que jalonaron históricamente las murallas de la ciudad que, hoy desaparecidas, todavía embellecen la toponimia de calles y plazas.

La "portada" de la Feria es elemento singular en esta ciudad breve en el tiempo, pero eterna en esencia e historia de la ciudad. Esa portada que da acceso al Real es para todo el que llega a la Feria punto de acceso obligado, símbolo que recuerda que dejamos atrás automóviles, motos, claxons, que entramos en un espacio de belleza, alegría, convivencia y tolerancia. No es el único acceso a la Feria, de acuerdo, pero sí el que por antonomasia representa la entrada a un mundo distinto que los sevillanos creamos para nosotros y nuestros visitantes durante una semana.

Por estas circunstancias que apuntamos es por lo que el diseño de la portada de feria adquiere una gran relevancia en la vida de la ciudad. Los comentarios sobre la "portada de este año" se generalizan en conversaciones, en foros, en medios de comunicación; críticas tanto favorables como desfavorables inundan y devienen tema de conversación desde los prolegómenos hasta la terminación de la Feria. De hecho, el principal momento de la Feria, al que gran mayoría de sevillanos y visitantes acuden, que marca el inicio de la Feria es el encendido del alumbrado cuando el alcalde pulsa el botón que activa la iluminación de la portada cuyos miles de puntos luminosos despiertan admiración y alegría en los asistentes. Tras encenderse la portada, se ilumina todo el Real y se repite como todos los años el milagro de la Feria de Sevilla.

0.3 BREVE RESEÑA HISTÓRICA

Aunque no forme parte "stricto sensu", del contenido de esta comunicación, debemos hacer breve reseña histórica de la evolución en cuanto a diseño se refiere de las portadas de feria desde su implantación como símbolo ferial hasta hoy.

En principio, el diseño de la portada se vincula a la necesidad de magnificar la fiesta y el espacio en que se desarrolla. Desde el año 1874 cuando una especie de arco con motivos vegetales quiere identificar el recinto ferial como una especie de "otra ciudad" efímera, hasta el año 1927, la portada no se constituye como elemento identitario de la fiesta, sino que se vincula más a celebraciones concretas, como visitas reales, etc., así como elemento de ordenación urbanística en el entorno de ciudad en el que se ubica, siendo ejemplo claro de esta circunstancia la instalación de un artefacto permanente, conocido como "La Pasarela" que con distintas ornamentaciones preside el acceso al Real del Prado hasta el año 1.921 en que fue desmontada. A partir del año 1927, la portada se manifiesta como elemento necesario para el realce de la fiesta, pasando a estar dirigido a este fin de embellecimiento. Múltiples motivos se recogen en los diseños:; fuentes, arcos, templete, torres, son elementos que conforman en múltiples tamaños, diseños, etc. con mayor o menor acierto este símbolo de la fiesta sevillana. Con estos antecedentes se incorpora a las tareas de diseño de la ya instituida PORTADA de la Feria, un delineante del Ayuntamiento de la ciudad, Federico Ortiz, que desde 1954 asume el diseño de las sucesivas portadas. En manos de este profesional, la portada termina de definirse como un elemento focalizador e identificador de la Feria. Su portentosa imaginación, su buen gusto, junto con la lógica evolución personal, cultural y técnica durante años, producen diseños variados, que supieron apreciar los sevillanos. El traslado de la Feria desde el Prado a Los Remedios produce también un importante cambio cualitativo en el diseño de la portada. La portada evoluciona, incorpora temas que reproducen edificaciones existentes, bien en su totalidad o bien mediante utilización de elementos compositivos de ellas extraídos. Cambio fundamental se produce al decidirse situar la portada en prolongación del eje formado por la Plaza de Cuba y Calle Asunción, vinculándose urbanísticamente la ciudad efímera con la permanente y permitiendo visualizar la portada en imagen urbana sorprendente. Los últimos años, el Ayuntamiento de Sevilla encarga el diseño de la Portada al ganador del concurso convocado al efecto, con las limitaciones inherentes a las características dimensionales y estructurales del emplazamiento, cimentaciones existentes y sistema estructural. Esta apertura a la participación de diseñadores, con escasos condicionantes a la imaginación de éstos, ha producido los últimos años diseños innovadores, con utilización de símbolos no tradicionales, que suscitan la controversia en la ciudad, porque como ya hemos indicado, la portada de feria es tema que deja indiferentes a pocos sevillanos.

En concurso convocado para la portada de 2012 resultó ganador el equipo formado por los autores de esta comunicación, diseño basado en la fachada principal de un edificio religioso muy vinculado a la ciudad y sus habitantes, tanto por historia como en su realidad actual: la Iglesia Colegial del Salvador.

0.4 LA IGLESIA COLEGIAL DEL SALVADOR

Encontramos la Iglesia del Salvador en pleno casco histórico de Sevilla. Su entorno actual rebosa de vida, con comercio activo y diverso, bares y cafeterías concurridos por sevillanos en sus ratos de ocio y una bella plaza a la que asoma la fachada principal de la iglesia, con verja perimetral circundándola y escalinatas que salvan el desnivel entre calle y templo. Esta plaza es lugar de cita habitual de la juventud sevillana, que la ocupa sin estridencias, con saber estar con alegría, con desenfado, pero con el civismo y la consideración debidas al entorno que asumen los sevillanos como espacio de todos y donde todos pueden no sólo estar, sino admirar los edificios que la conforman y disfrutar del clima sevillano.

La historia del templo se pierde en tiempos anteriores a la época islámica. Algunos historiadores ven trazas de un edificio romano sobre cuyos restos pudo haberse erigido una basílica visigótica. No cabe duda de que aquí se ubicó la mezquita aljama de Ibn Addabbás, datada y documentada por inscripciones halladas en el fuste de columna coetánea. Vincúlase a esta mezquita la memoria del poeta-rey Al Motamid y más concretamente, la torre que reconstruyó, de la que llegan restos hasta nuestros días.

Históricamente está comprobado que fue el Rey Alfonso X el Sabio quien fundó el templo cristiano, para lo cual, como pudo comprobarse en las investigaciones arqueológicas llevadas a cabo en reciente restauración del templo, aprovechó la mezquita existente resultando en esa actuación modificado el eje musulmán norte-sur, por el cristiano este-oeste, convertido el mihrab en capilla mariana y adaptado como campanario el alminar.

Producida grave afectación del edificio en el terremoto de 1356, se reconstruyen elementos del campanario, arquería del patio y galería perimetral. No obstante, por el tiempo y las múltiples riadas que sufría la ciudad, la mezquita transformada en templo cristiano llega a un estado de ruina que llevó al Cabildo de Sevilla a decidir en 1671 su demolición y reconstrucción, obras que comenzaron con la inestimable contribución económica del pueblo sevillano con sus joyas, adornos y todo lo que de valor pudieron aportar a la reconstrucción del templo.

La fatalidad acompañó esta gran obra. En el año 1679, recién terminadas las obras, se hundió todo lo construido, sin que hayan podido constatarse las causas del desastre, aunque la creencia popular que ha llegado hasta nuestros días lo achacara a la falta de consistencia de las columnas salomónicas que sustentaban la obra.

No arredró al Cabildo tamaña desgracia; de nuevo se recaudaron fondos entre los sevillanos y hasta en las colonias americanas para reconstruir el templo.

El arquitecto maestro del barroco Leonardo de Figueroa y Reina afronta las obras, hasta que en el año 1712 finalizan las mismas, quedando la Iglesia en su configuración actual, sólo modificadas posteriormente por adición de elementos ornamentales de fachada, como las vidrieras y la verja de forja a lo largo de la última grada que da acceso al templo.

1. OBJETIVOS.

La importancia de las nuevas herramientas informáticas en el diseño de elementos estructurales juega un papel fundamental. Mediante este artículo pretendemos exponer las ventajas de la utilización de programas de modelado 3D y renderizado en el diseño de construcciones efímeras monumentales.

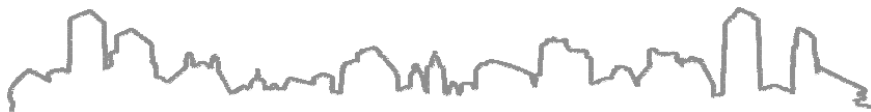
2. CONTENIDO.

2.1 DISEÑO DE LA PORTADA.

La elección de la fachada de la Iglesia Colegial como base para el diseño de la Portada de Feria de Sevilla de 2012, radica precisamente en el 300 aniversario del fin de su construcción. La portada presenta estilo manierista con detalles y ornamentación barrocos. Se estructura en tres niveles. El nivel inferior muestra tres pórticos de entrada, dos laterales y uno central de mayor dimensión. Dichos pórticos separados por pilastras dobles.

Primer y segundo cuerpos están unidos por volutas. Corona la fachada espadaña flanqueada por dos torres cilíndricas. Encima de cada arco de entrada, óculos acristalados con vidrieras policromas.

Además del elemento base principal, se han incorporado al diseño elementos alusivos a efemérides de gran importancia para Sevilla y para España que concurren el año 2012, como el 200 aniversario de la promulgación de la Constitución de 1812 más conocida como "La Pepa" y el 20 aniversario de la Exposición Universal que celebrada el año 1.992 en Sevilla.



2.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA PORTADA.

Para acometer el diseño de la portada, previamente se procede al análisis detallado de características dimensionales, formales y estructurales a que debe someterse el diseño, tanto por determinaciones dimensionales que establecen las bases del concurso, como por las características técnicas de la estructura que soportará los elementos que conforman la portada. Estos aspectos son fundamentales en la configuración y volumetría inicial, limitando el diseño según capacidades portantes y transmisiones de cargas a través de la estructura. Por otro lado, como indicamos, debemos cumplir premisas dimensionales y técnicas incluidas en las bases del concurso. Estas especificaciones fueron:

La portada deberá cubrir 50 metros de frente, podrá tener uno o varios arcos y la altura máxima de baluartes laterales o central no excederá de 40 metros. Será requisito indispensable que los diseños contemplen la situación de los basamentos, a efectos de transmisión de cargas y de pantallas de anclaje para vientos.

La cimentación incluye 9 elementos de cimentación consistentes en zapatas armadas con esperas de acero inoxidable:

- 6 son zapatas de anclaje para los vientos, 3 a cada cara de la portada, y su eje se sitúa a una distancia de 23 metros del eje de la portada.
- Los 3 restantes son zapatas para anclaje y transmisión directa de cargas de la portada. Las zapatas extremas son de dimensiones 10,93 x 5,00 m² y la central de 8 x 6 m².

En segundo lugar y como se ha comentado consideraremos las características técnicas de la estructura portante. Éstas están predeterminadas y se basan en un parámetro modular formado por elementos tubulares, capaz de distribuir las acciones en red isótropa, de modo que se dispersen acciones y transmitan esfuerzos de modo uniforme. Las características de los elementos tubulares son las siguientes:

- Tubos de acero de calidad A-42b, con límite de fluencia no inferior a 2600 kp/cm². Con diámetro exterior de los tubos de 48 milímetros e interior de 42 mm. Los parámetros estáticos son los siguientes:
 - o Área = 4,24 cm².
 - o Inercia = 10,78 cm⁴.
 - o Radio de giro = 1,59 cm.
 - o Peso = 3,4 Kg/ml.
- Tensores conformados por cables de acero de diámetro 20 mm, carga de rotura específica del acero de 160 kp/mm², y módulo de elasticidad aparente E= 800.000 Kp/cm².
- Revestimiento mediante paneles de aglomerado de fibra de madera hidrofugado de dimensiones 3.55 x 2.15 mts. rigidizados mediante listones de madera de 50 x 50 mms.

Las acciones a considerar son las siguientes:

- Peso Propio.
- Elementos ornamentales y revestimientos. 20 Kg/m².
- Acciones horizontales de viento 84 kp/m²
- Acciones de pretensado de cable: 2,5 toneladas por cable.
- Acciones sísmicas. No relevantes.

El peso aproximado de la portada es 200 Toneladas.

Aspecto de vital importancia que influirá de forma decisiva en el diseño son las características estéticas, materiales de revestimiento y tipo de iluminación. La estructura quedará revestida mediante paneles de aglomerado recubiertos mediante pintura plástica hidrófuga. La iluminación de la portada se realiza mediante bombillas incandescentes de 60 w. y cableado superficial de aluminio desnudo aislado mediante impregnación de material aislante.

Según los criterios establecidos en las Bases del Concurso y las características constructivas se procedió a la adaptación de la fachada de la iglesia del Salvador utilizada como elemento base, para Portada de feria. Para ello se modificaron las dimensiones de los arcos laterales y central, se redimensionaron las columnas y pináculos, así como la espadaña superior. Se ajustaron los 4 apoyos al objeto de favorecer la adecuada transmisión de cargas a las zapatas perimetrales. Por último se ajustó el ancho de la portada al tipo de estructura tubular (6 m).

Una vez establecidos los parámetros geométricos y dimensionales se continuó con los elementos de detalle, volumetría y cromatismo. Para ellos se utilizaron diversas aplicaciones informáticas de diseño asistido que enunciaremos en el siguiente apartado.

2.3 HERRAMIENTAS UTILIZADAS.

Para el diseño de la Portada de la Feria de Sevilla 2012 se utilizaron las siguientes herramientas informáticas:

- Autocad 2009. para la definición de elementos de detalle, filigranas, frontis y vidrieras.
- Google Sketchup. Definición de planos, volumetrías, elementos de remate superior, Posicionamiento del modelo, efecto de incidencia solar, y ubicación de puntos de luz.
- Google Herat: Para el geoposicionamiento del modelo en la trama tridimensional de la ciudad.
- Kerkythea: herramienta utilizada para el texturizado del modelo, renderizado diurno y nocturno.
- Photoshop CS5. Montaje fotográfico para simulación de la Portada finalizada.

2.4 CALIBRADOR DE PANTALLA.

Uno de los aspectos fundamentales que diferencia a este tipo de edificación del resto es el hecho de que lo realmente dibujado y diseñado sobre el papel quedará reflejado fielmente en la realidad. La portada de feria sólo es un lienzo sobre el que plotear a escala 1:1 de una forma artesanal sustituyendo el plotter por la brocha y la tinta por pintura ignífuga.

Es por ello que el cromatismo juega un papel fundamental en el diseño de la portada. Debido a que durante la fase de diseño trabajamos con medios informáticos y el trabajo se realiza en distintos equipos, la tonalidad del diseño puede variar de unos equipos a otros, incluso de lo reflejado en pantalla a lo reflejado en papel. Por ello debemos realizar una calibración de pantallas al objeto obtener resultados fieles que se asemejen lo máximo posible a lo que queremos representar.

Para ello utilizamos un calibrador de pantalla. La calibración se realizó bajo parámetros de temperatura de color-gamma libremente seleccionables (aunque prefijados por la aplicación) y bajo control RGB de la calibración.

Para realizar la calibración realizamos los siguientes pasos:

- En primer lugar debemos minimizar la luz ambiental para que no surjan errores de lectura.
- Seguidamente procedemos a la conexión del calibrador mediante puerto USB. El calibrador utilizado es válido para pantallas TFT y para CRT.
- Acto seguido procedemos a la identificación del monitor y establecimiento de parámetros de calibración. En este caso los parámetros fueron:
 - o Gamma 2.2.
 - o Punto Blanco 6500 K
- Posteriormente ajustamos parámetros de contraste y brillo según indicaciones establecidas en manual.
- Seleccionaremos el modo de control de temperatura de color que posee nuestro monitor.
- Finalmente, debemos colocar el calibrador sobre la pantalla superponiéndolo a la imagen que se muestra en el monitor para que comience la operación en sí misma.

El proceso de calibración dura unos 10 minutos y a lo largo del mismo en pantalla van mostrándose diversas intensidades de rojo, verde y azul. Luego calibramos la escala de grises y finalmente hacemos una lectura del negro, el gris neutro y el punto blanco.

2.5 UBICACIÓN MEDIANTE GOOGLE EARTH.

El programa de modelado de Google Sketchup cuenta con una herramienta para el geoposicionamiento del modelo de trabajo, así como su orientación. Gracias al levantamiento en 3D de los edificios realizado por Google, podemos observar el impacto visual de nuestro edificio así como su visualización desde diversos ángulos y posiciones, de esta forma podemos observar el posicionamiento de nuestro modelo tridimensional



Una vez posicionado el modelo con la orientación correcta podemos activar la herramienta de sombras del modelo de Sketchup, esta herramienta nos muestra la proyección de las sombras de nuestro modelo en función de la época del año así como de la hora del día.

Esta misma función la podemos encontrar en el Software de Kerkythea, donde estableceremos el día exacto del año, la hora y la localización.

Este es aspecto fundamental en el diseño de la Portada y en la elección de volumetrías que arrojen sombras sobre el elemento y den sensación de profundidad. De esta forma conseguimos obtener diversos efectos que llevan a visualizar hasta 3 portadas diferentes en función de las sombras arrojadas.

De esta forma decidimos dar volumen a las 16 columnas repartidas en ambas caras, y a dos cornisas que dividen los tres niveles que conforman la portada. Así conseguimos dos planos de visualización separados por 50 cms. En las horas centrales del día la profundidad de la portada apenas es perceptible, siendo muy acentuada en las primeras horas del día y al caer la tarde. Al estar representada la portada en ambas caras de forma simétrica podemos disfrutar de dos portadas diferentes en cada cara debido a la incidencia solar.

Una vez obtenidas las vistas en perspectiva. Google Sketchup nos permite dos opciones de visualización: la vista en proyección paralela o la vista en perspectiva que es la que más se asemeja a la percepción humana. Por otro lado la herramienta de posicionamiento de cámara nos permite situar el punto de vista en cualquier ubicación y a la altura deseada. En este caso el punto de vista se situó a una altura de 1,80 m, altura media de un adulto. La herramienta perspectiva junto con la de posicionamiento nos permiten simular la percepción visual del observador, gracias a lo cual podemos definir detalles con precisión.

2.6 DISEÑO DE FILIGRANAS Y ELEMENTOS DE DETALLE.

Definidos todos los elementos en volumen procedemos al diseño de los detalles interiores. La fachada de la iglesia del Salvador como templo cristiano que es, está repleta de elementos e iconografía religiosa. Entre otros elementos aparecen imágenes de santos, multitud de ángeles y querubines así como crucifijos. Dichos elementos fueron eliminados dado el carácter laico de la fiesta. Nuestra pretensión es la representación de un monumento y no de un templo. Para la definición de elementos de detalle procedimos al estudio de la representación y evolución de filigranas y elementos barrocos utilizados tradicionalmente como adornos tanto en portadas predecesoras como en casetas, carteles etc. Realizado este estudio diseñamos filigranas que armonizaran con los elementos que conforman la portada. Para la delineación de las mismas se utilizó el programa Autocad en su versión 2009. Una vez definidas se exportaron a Sketchup para su introducción en el modelo.

2.7 CROMATISMO.

Uno de los aspectos más destacados en la portada de la Feria de Sevilla es su cromatismo. En la elección de colores de esta portada juega un papel fundamental la similitud al elemento al que representa. En este caso se intentó respetar la tonalidad predominante en la fachada de la Iglesia del Salvador como elemento de fondo. Pero se introdujeron muchos otros elementos decorativos que no existían en el monumento base a los que necesitábamos dotar de colorido. Para la elección de colores de cada elemento se jugó con las volumetrías. Así a las columnas se les dotó de un color de fondo blanco y las cornisas de color albero. Estas tonalidades resaltan aún más si cabe el efecto de volumen y profundidad provocados por las mismas. Para las filigranas añadidas se utilizaron colores vivos que destacaran sobre el color salmón de fondo.

La elección de colores se realizó mediante dos fases:

- Una fase inicial realizada en Google Sketchup, donde se le asignaron tonalidades iniciales.
- Modificación en Kerkythea de las tonalidades base asignadas en Sketchup. Esta modificación se realizó teniendo en cuenta las texturas del material de base que en este caso es panel aglomerado.

2.8 ILUMINACIÓN NOCTURNA.

Gracias al programa Kerkythea y sus plugins de instalación en Sketchup, podemos introducir en Sketchup diversos tipos de lámparas direccionales o esféricas. Los parámetros de la luz emitida podrán ser posteriormente modificados tras exportar el modelo a Kerkythea. También podemos introducir superficies o pantallas emisoras de luz. En el caso del diseño de la Portada nos centraremos en luces de emisión esféricas que son las que más se

asemejan a la luz emitida por las lámparas incandescentes. La distribución de los puntos de luz respondió a dos criterios fundamentales:

- Volumetrías representadas en la portada. En los perímetros de los elementos representados en volumen, tales como las columnas, cornisas, volutas y pináculos, se colocaron puntos de luz al objeto de realzar la espacialidad y la profundidad de la portada.
- Filigranas y elementos decorativos: en todas las filigranas y elementos decorativos introducidos se dispusieron puntos de luz. Estas filigranas aportan carácter festivo y diferenciador a una portada basada en un elemento solemne y sobrio como es el caso de la Iglesia del Salvador.

Definidas las posiciones de todos los puntos pasamos a exportar el modelo a Kerkythea, donde podremos modificar y realizar los ajustes definitivos sobre los puntos de luz. Aquí realizamos los ajustes de potencia, irradiancia, resplandor, tonalidad de la luz, así como los ajustes de las sombras proyectadas.

Ajustados todos los parámetros procedemos a ejecutar el renderizado. La duración del proceso de renderizado varía en función de la complejidad del modelo, el número de puntos de luz introducidos y la capacidad del equipo. En el caso que nos atañe, el renderizado tardó una media de 11 horas debido a la cantidad de puntos de luz introducidos (23.500 puntos).

2.9 APLICACIÓN DE TEXTURAS.

Otro de los aspectos fundamentales es el tipo de material de base y la textura del mismo. Como ya hemos comentado la portada de la feria está revestida con paneles de aglomerado. Dichos paneles aportan una textura específica que puede afectar al cromatismo, tonalidad y reflexión de la luz. Una vez exportado el modelo de Sketchup a Kerkythea podemos trabajar con la textura de los elementos base. Esta textura la podemos importar al programa y utilizar como elemento base, sobre el que aplicaremos las tonalidades elegidas para los diversos elementos de la portada.

Kerkythea nos permite editar los materiales inicialmente asignados en Sketchup o incluso sustituirlos por otros. Dentro del módulo de edición podemos seleccionar el material de base. En este caso será una textura de tablero aglomerado. También podemos establecer las dimensiones de las virutas, así como la dureza de la textura que hará que esta esté más o menos marcada. Otra de las opciones que podemos variar es la de la orientación de las virutas.

Una vez determinada la textura de fondo procedemos a la elección de las tonalidades deseadas de pintura o dejar por defecto la que establecimos inicialmente en Sketchup. Por último ajustamos los parámetros al tipo de pintura utilizada. La pintura utilizada en la portada es una pintura mate, por lo que se ajustaron los parámetros de brillo y reflexión del material.

2.10 MONTAJE FOTOGRÁFICO.

Para la representación final, las imágenes obtenidas del proceso de renderizado realizado mediante Kerkythea fueron procesadas para la realización de un montaje fotográfico que nos permitiera simular la implantación real del modelo presidiendo el recinto ferial

3. CONCLUSIONES.

El diseño de grandes elementos estructurales efímeros de carácter ornamental no solo juegan un papel fundamental las herramientas de software destinadas al cálculo de estructuras, también cobra vital importancia el software destinado a la representación virtual de los elementos esbozados. Gracias a estos elementos podemos obtener una visión realista del elemento objeto de diseño. En el caso que nos atañe, La Portada de la Feria de Sevilla" gracias a las herramientas utilizadas pudimos obtener los siguientes resultados:

- La volumetría global de la portada fue obtenida mediante el programa Sketchup en su versión 8. El módulo de sombras nos permitió definir los diferentes planos y relieves. Por otro lado gracias al módulo de exportación a Google Earth pudimos determinar el impacto visual de la portada y su percepción desde diferentes puntos de la ciudad.
- El programa de CAD Autocad en su versión 2009, nos permitió definir los detalles y elementos ornamentales de relleno. Gracias al módulo de importación de Google Sketchup, estos pudieron ser exportados a este software para continuar con el diseño.
- La definición de tonalidades y texturas fue definida gracias al programa de renderizado Kerkythea. Gracias a este software y su interacción con Sketchup pudimos recrear la iluminación nocturna de la portada, lo que influyó de forma determinante en el diseño de los detalles y elementos ornamentales





Fig 1. Estructura Portada de Feria de Sevilla 2012. 2012. Imagen tomada por Manuel Jesús Jiménez Varo.



Fig 2. Maqueta Portada de Feria de Sevilla 2012. 2012. Imagen tomada por Miguel Ángel Perez Cabo.



Fig 3. Recreación virtual Portada de Feria 2012. Modelo realizada por Manuel Jesús Jiménez Varo y Miguel Ángel Perez Cabo.



Fig 4. Recreación virtual Portada de Feria 2012 iluminada. Modelo realizada por Manuel Jesús Jiménez Varo y Miguel Ángel Pérez Cabo.

Referencias bibliográficas

Referencias bibliográficas

- Portadas de Feria.- Federico Ortiz Alvarez.- Junta de Andalucía/Ayto. de Sevilla D.L. CA-855-1989
- Iglesias y Conventos de Sevilla.-Enrique F. Pareja López.-Ediciones Tartessos ISBN 978-84-7663-110-2
- Google SketchUp Workshop: Modeling, Visualizing, and Illustrating.- Laurent Brixius.-Burlington (Massachusetts).- ISBN: 0-240-81627-7



GESTIÓN GRÁFICA AVANZADA DE EDIFICACIONES ANTIGUAS

Isabel MARTÍNEZ-ESPEJO ZARAGOZA
Francisco JUAN VIDAL

Universitat Politècnica de València (UPV)
Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio (IRP)

ABSTRACT

This paper presents a review of the results obtained so far in the academic research of the author. The research began with a study of a collapsed gothic vault. Thanks to new technologies, a detailed study of the extant pieces has been carried out. Following this study, a virtual anastilosis was possible, obtaining a 3D model similar to the expected look of the original vault. The investigation continued with a study focused on the Piazza d'Oro in Villa Adriana (Tivoli, Rome) and its decorative hunting-themed friezes. Data collection was performed with 3D laser scanning technology combined with photogrammetry, obtaining an accurate and detailed survey which enabled the study and analysis of the architectural field, as well as to determine the original position in the context of some architectural friezes. These investigations demonstrate the utility of laser scanner for the survey of complex geometries.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se presenta como una reseña de los resultados obtenidos hasta ahora en los trabajos de investigación académica de la autora. La investigación comenzó con la tesina del Máster en Conservación del Patrimonio Arquitectónico de la UPV [1]. En ella, se realizó un estudio de la bóveda de la capilla mayor de la iglesia primitiva de Les Coves de Vinromá (Castellón), derrumbada en la guerra civil española. Gracias a las nuevas tecnologías (escáneres láser de diferentes precisiones), se hizo un estudio detallado de las piezas que la formaban, aún conservadas, y de los restos de los muros que la sostenían. Tras dicho estudio, pudo realizarse una anastilosis virtual, obteniendo un modelo en 3D semejante a lo que fue la bóveda original, con un pequeño rango de error debido a la erosión y evolución de las piezas y de los muros perimetrales (Fig. 1). Esta investigación se realizó con la colaboración del Ayuntamiento de Les Coves de Vinromá (Castellón).

La investigación prosiguió con el doctorado, aún en proceso, profundizando en la misma línea sobre las técnicas de levantamiento con escáner láser aplicadas al Patrimonio Arquitectónico. En este caso, el estudio se centra en la Piazza d'Oro de la Villa Adriana (Tivoli, Roma) y los frisos con temática de caza que la decoraban. Sin embargo, aunque el elemento de levantamiento preponderante es el escáner láser, en este caso se utilizan también otras técnicas como son levantamiento topográfico con estación total y fotogrametría con diferentes programas para la obtención de modelos 3D [2]. Esta investigación se está realizando en colaboración con la directora del área arqueológica de la Villa Adriana (Benedetta Ademברי), y con el beneplácito de la Soprintendenza per i Beni Archeologici del Lazio.

En ambos casos, aunque con tipología arquitectónica bastante diversa, se demuestra la utilidad de escáner, debido a que la fiabilidad del resultado se basa en metodología científica. Los programas utilizados para el procesamiento de los datos, son programas de alta precisión, que además de permitir sacar imágenes llamativas, también obtiene datos científicos, derivados de cálculos matemáticos hechos por estos programas, con bajo rango de error. A esto se le suma que el uso de esta tecnología es inocuo para las ruinas, permitiendo hacer toda una serie de estudios a priori sin comprometer los restos.

OBJETIVOS

Las técnicas de levantamiento con escáner láser permiten obtener una documentación con alto nivel de detalle de las fábricas históricas, tanto de sus elementos estructurales (muros, bóvedas...) como de los aparatos decorativos (capiteles, frisos, cornisas, ornamentos...). Cuando se realiza esta técnica de levantamiento, la toma de datos produce, en general, tal cantidad de información que habitualmente no se utiliza en su totalidad en las primeras fases. Sin embargo se puede conservar y ser de utilidad para fases posteriores de análisis o para estudios específicos.

El escáner láser puede influir positivamente en la investigación en las obras del pasado, gracias a su alto nivel de precisión. Se convierte, además, en una herramienta muy útil en aquellos trabajos previos a proyectos de intervención por su carácter experimental y absolutamente inocuo para el edificio. También permite una aproximación arquitectónica, para la mejor comprensión de sus trazas por medio de un análisis minucioso desde distintos puntos de vista: estudios compositivos, geométricos y de proporciones, tipológicos, estructurales...

Se pretende profundizar en las nuevas técnicas de levantamiento planimétrico, aprovechando las ventajas y potencialidades que presenta para la investigación en comparación con los métodos tradicionales.

CONTENIDO

En los dos casos de estudio se realizó una serie de levantamientos con escáneres láser 3D de diferentes precisiones, debido al tamaño de los elementos a escanear. Se utilizó el escáner láser "Leica HD ScanStation 2" (en la iglesia de Les Coves) y el "Leica ScanStation C10" (en Piazza d'Oro) para elementos arquitectónicos, con una precisión de 0,01 metro el primero y de 0,002 metros el segundo, y el "NextEngine Model 2020i Desktop 3D Scanner" (Fig. 2), para elementos escultóricos, con una precisión de 0,0001 metro.

En el caso de la iglesia de Les Coves, se planteó el estudio de las trazas para obtener una hipótesis de la bóveda que cubría la capilla mayor. Se pretendía verificar la hipótesis formulada años antes por los arquitectos Francisco Grande Grande e Ignacio Gil Mascarell [3]. Para conocer los ángulos y las dimensiones de los paramentos y de las claves fueron fundamentales los modelos tridimensionales generados a partir de los datos obtenidos con el escáner láser. Con ello se pudo alcanzar un resultado coherente, siguiendo básicamente el siguiente proceso:

Se obtuvo la planta de la iglesia como el resultado de la sección de la nube de puntos, convertida en malla, por un plano horizontal paralelo al plano de tierra a una altura determinada.

Se realizaron secciones horizontales de los modelos virtuales de cada una de las claves (Fig. 3), que permitieron obtener los ángulos de la proyección horizontal de los nervios de la bóveda.

Se efectuó, sobre la nube de puntos, el estudio del alzado de los paramentos de la capilla mayor, ya que en ellos quedaban restos de algunas dovelas de los arcos formeros de la bóveda y de uno de los arcos diafragmáticos que dividían la iglesia.

Partiendo también de dicha nube, se realizaron secciones verticales por los planos que contenían a los arranques de los nervios que aún quedaban sobre los muros en las zonas de los jarjamentos.

Con estas secciones se tantearon los radios de los arcos, ensayando dos alternativas de trazado: radio idéntico para todos los nervios, y radios obtenidos como el resultado de la inserción de la bóveda estrellada en un casquete esférico.

La aproximación definitiva no se alcanzó hasta que no se montó virtualmente la bóveda en 3D, colocando los modelos de las claves y las dovelas escaneadas en su lugar (Fig. 4).

La hipótesis final demostró que, para garantizar la compatibilidad geométrica de las claves y las dovelas de la bóveda con los restos de las fábricas, era necesario revisar la hipótesis anterior de Grande y Gil, fundamentalmente en lo relativo a los radios de los nervios, a la altura de sus centros y a la elevación relativa de las piezas en las zonas de las claves.

En el caso de La Piazza d'Oro, la toma de datos realizada con tecnología escáner láser 3D se combinó con técnicas de levantamiento fotogramétrico. Debido a su mayor precisión, los datos obtenidos con escáner se utilizaron como documentación base, siendo a su vez la herramienta preponderante en el levantamiento de las partes que presentaban decoración. Sin embargo, en aquellas zonas carentes de ornamentación, así como en aquellas cuyas condiciones no eran óptimas para la operatividad del escáner (distancias, luminosidad...), los modelos fueron integrados con técnicas fotogramétricas. La fotogrametría resulta muy útil para acelerar los tiempos en aquellas zonas que no requieren un alto grado de precisión. No obstante, se deben realizar las fotos siguiendo procesos específicos para su posterior integración en el modelo 3D. Debe tenerse también en cuenta que para una fotogrametrización óptima, el apoyo topográfico es fundamental.

Al realizar el escaneado del ámbito arquitectónico de "Piazza d'Oro" fue posible realizar, con gran precisión, una planta a partir de secciones horizontales a 3 alturas (Fig. 5). Estas 3 alturas se eligieron procurando aportar la máxima información del lugar sin obtener una alta redundancia de datos. Así se utilizó un plano a la cota 0,10 metros, como soporte base a nivel de las bases de las columnas y los rodapiés, siendo la zona con menos faltantes y mayor definición formal. Otro a la cota 0,50 metros, que alcanzaba los arranques de la máxima cantidad posible de fábricas, al tiempo que permitía reconocer casi todos los espacios. Y un tercero a cota 1,50 metros, alcanzando los elementos emergentes que todavía quedaban en pie o que fueron reconstruidos en época posterior.

Efectuada la planta con esas 3 líneas de nivel, se le añadió el resto de la información del firme, realizando un "screenshot" proyectado del levantamiento con escáner a cota cero. De este modo se consiguió una planta totalmente definida del



levantamiento, de alta precisión y fidelidad.

Por otro lado se recopiló documentación del estado actual de algunos frisos de la Piazza d'Oro, conservados entre las colecciones arqueológicas de "Villa Adriana", obteniendo modelos en 3D de todo el conjunto. A partir de ellos se realizaron fichas (Fig. 6), con secciones, alzados con "render" obtenidos del 3D, y una perspectiva de cada pieza, todas ellas acotadas milimétricamente. Realizando un estudio riguroso y bien documentado de cada pieza, y comparando medidas y ángulos entre la planta y los frisos, se consiguió determinar la posición original de algunos frisos en su contexto arquitectónico.

Finalmente se podrá realizar una anástilosis del friso completo, primero virtualmente. Luego, si se observa que hay piezas suficientes de una misma unidad arquitectónica, se propondrá el montaje real del friso para colocarlo en su situación original, devolviéndole su función primaria y, por tanto, su identidad.

Además se realizó un estudio de la modulación, buscando las trazas originales del diseño de la planta. Se encontró un módulo de 24x24 pies, con el que se pudo obtener prácticamente todo el trazado de los muros. En el caso de las zonas con curvatura, también se apreció la utilización de este módulo, en algunos casos como radio y en otros como diámetro.

A partir del conjunto de nubes de puntos, realizadas de la Piazza d'Oro, registradas en un mismo sistema de referencia, se generó un modelo poligonal 3D representado mediante superficies de subdivisión, con niveles de detalle variables [4]. De este modelo se obtuvieron alzados en los que se podían reconocer las huellas de los elementos arquitectónicos en la ruina, permitiendo estudiar los vestigios de la posición del orden arquitectónico (Fig. 7). De dicho modelo se obtuvieron también las dos secciones principales del lugar, completando la documentación gráfica del levantamiento.

Paralelamente se restituyó, haciendo una anástilosis virtual, un fragmento del orden arquitectónico a partir del escaneado de los elementos, de forma independiente. Esta restitución se comparó con la proporción del orden corintio según Vitrubio, para confirmar su adecuación con los modelos canónicos del tratado. Se comprobó que sí se adecuaba, aunque todas las medidas no coincidían exactamente con módulos enteros romanos. Presentaban en las zonas de decoración (capitel, frisos) un pequeño aumento de altura, como corresponde a la época imperial y al gusto de la época por la exaltación de la decoración.

Se realizó un estudio métrico de la planta, y se comprobó que se ajustaba a un diseño modulado en pies, en el cual quedaba bien definida la situación de los muros, en algunos casos por su cara exterior, en otros por su cara interior y en los muros perimetrales por el eje central. La planta queda definida en módulos cuadrados de 24 pies. Las particiones del sitio están marcadas por dicho módulo. Se observa que la zona central y los atrios, están definidas exactamente por esa modulación de 24 pies y a su vez todo el conjunto forma un cuadrado de 120 x 120 pies. Sin embargo, las estancias extremas de la plaza miden 1,5 módulos (36 pies) y en vez de tener el muro definido por su cara exterior o interior, como en el resto, quedan definidos por su plano central, lo que llevó a plantear la hipótesis de una posible segunda fase de construcción.

Después de las comprobaciones de modulación en el plano xy (planta), se probó a llevar esta modulación al eje z. Se comprobó que en los alzados también se adoptó el módulo de 24 pies, en algunos casos para su máxima altura y en otros se utilizaron divisiones simples de este módulo principal. Siguiendo con este estudio de modulación, se comprueba también su utilización en el diseño de la columna corintia a partir del diámetro imoscapo (Fig. 8) y en el diseño del orden arquitectónico, en pies. También en el caso de los atrios, se utilizaron las proporciones vitrubianas, para definir su tamaño en planta.

CONCLUSIONES E INVESTIGACIONES ABIERTAS

Estas investigaciones demuestran la utilidad del escáner láser para el levantamiento de geometrías complejas como pueden ser bóvedas góticas o ruinas romanas, gracias a su potencialidad para generar levantamientos precisos y muy detallados, tanto del conjunto como de cada una de sus partes. Se obtiene, de un modo bastante preciso, una cantidad de información difícilmente adquirible mediante una toma de datos directa. Con un único barrido se consiguen sacar las dimensiones completas, obteniéndose cada una de sus medidas, ángulos y sus particularidades a lo largo de toda ella.

Su precisión milimétrica permite estudiar, también, la precisión de los canteros de antaño. En el caso de la iglesia de Les Coves, se observó una desviación milimétrica del centro del radio de las claves, en todas ellas, en sus diferentes planos horizontales, y a su vez, se comprobó que las trayectorias de los nervios no son coincidentes. Al suceder en todas y cada uno de ellas, podemos suponer que esa desviación pudiera deberse el error que había entre el diseño y la ejecución de los canteros, lo que plantea una posible línea de investigación.

En el caso de Piazza d'Oro, se aprecia en la columna corintia que, si bien el fuste cumple con un número exacto de diámetro, el capitel no. Aunque en un principio se podría pensar en un error de precisión, leyendo los comentarios de Pierre Gros a Vitrubio [5], encontramos que durante la época imperial, la rigidez de medidas introducidas por Vitrubio se va suavizando y las dimensiones, en particular en los capiteles, varían, aumentando para resaltar la decoración. Esta afirmación se ve reforzada en nuestro caso cuando se comprueba que la variación de medida se puede cuantificar en 2 pulgadas exactas. También el friso y la cornisa presentan dicha variación, cuantificada en este caso en dedos exactos.

En ambos casos, el estudio hecho con el escáner láser ha permitido revisar las hipótesis de reconstrucción, realizadas en años anteriores. En el caso de la iglesia de Les Coves la hipótesis de Grande y Gil fue meramente gráfica, y no supuso ningún peligro para la edificación. No es el caso, sin embargo, de Piazza d'Oro, donde en los años 60 se realizó una anastilosis de los frisos, utilizando técnicas y materiales poco respetuosos con los restos.

En ambos casos el estudio permite una profundización en el conocimiento de lugares de gran interés cultural y arquitectónico.

Dichos estudios parten de levantamientos técnicos rigurosos con tecnología láser escáner, utilizando modelos virtuales 3D. Aunque en principio parten de lugares concretos, permiten comprobar que el escáner láser es hoy una herramienta insustituible para la investigación, y para la realización de estudios previos de proyectos de intervención en el Patrimonio Arquitectónico.

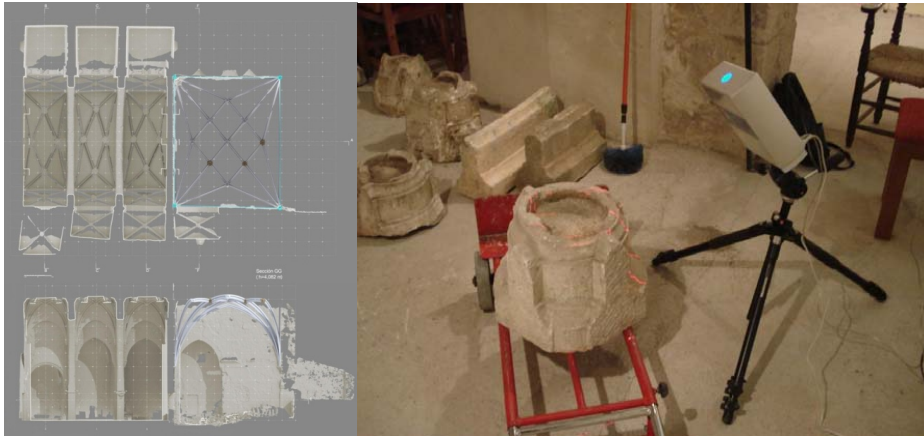


Fig. 1. Planimetría actual de la iglesia de Coves de Vinromà con la hipótesis añadida. 2010. Fig. 2. El instrumento "NextEngine Model 2020i Desktop 3D Scanner" escaneando una clave perteneciente a la bóveda de la capilla mayor de la Iglesia de Los Desamparados de Les Coves de Vinromà. 2010. Producidas por la autora.

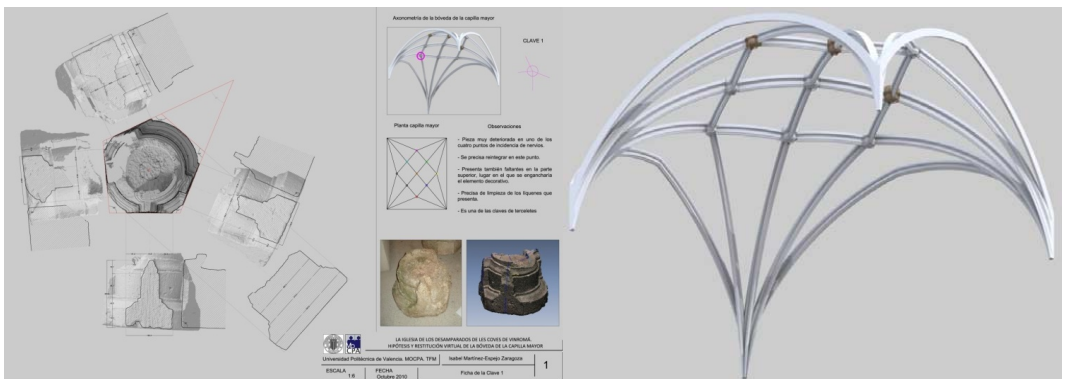


Fig. 3. Ficha de una de las claves escaneadas. 2010. Fig. 4. Bóveda reconstruida virtualmente. 2010. Producidas por la autora.



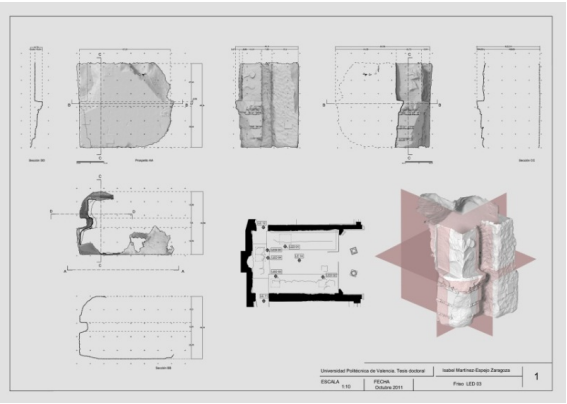
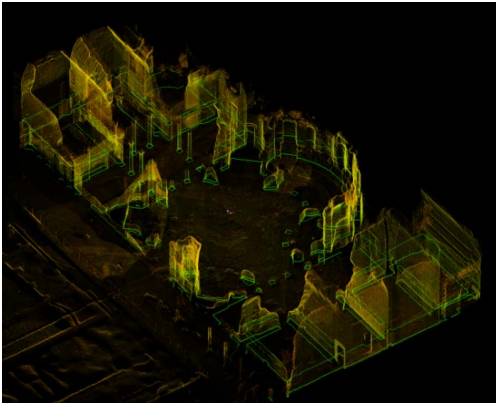


Fig. 5. Nube de puntos del estado actual de Piazza d'Oro con secciones horizontales a 3 niveles. 2011. Fig. 6. Ficha de uno de los frisos con temática de caza de Piazza d'Oro. 2011. Producidas por la autora.

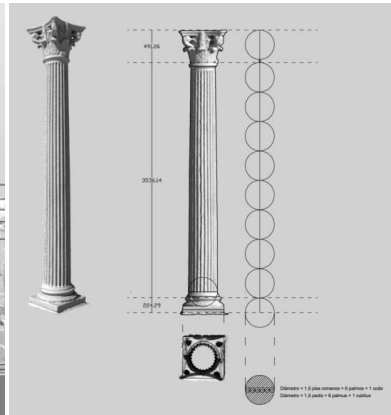
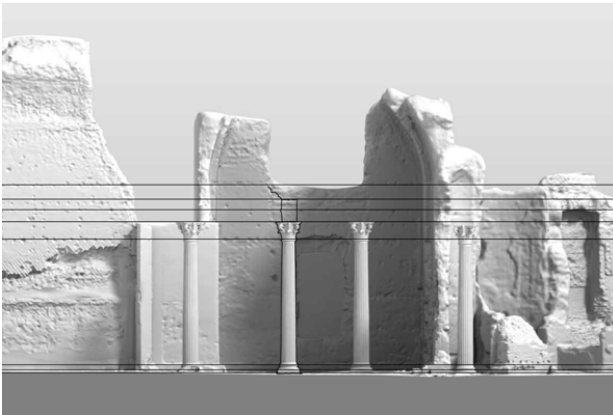


Fig. 7. Estudio del módulo corintio sobre una parte de la sección realizada de Piazza d'Oro. 2012. Fig 8. Estudio del dimensionado de la columna corintia en diámetros imóscapos. Producidas por la autora.

Referencias bibliográficas

[1] Mtnes-Espejo Zaragoza, I 2010, *La Iglesia de los Desamparados de Les Coves de Vinromá. Hipótesis y restitución virtual de la bóveda de la capilla mayor*, Tesina del Máster Oficial de Conservación del Patrimonio de la Universidad Politécnica de Valencia dirigida por Francisco Juan Vidal, Valencia.

[2] Ademברי, B, Juan Vidal, P, & Mtnes-Espejo Zaragoza, I 2012, "Hunting friezes of the Piazza d'Oro at the Hadrian's Villa: new hypothesis for a virtual reconstruction inside an integrated research strategy" *Conference on Cultural Heritage and New Technologies*, Viena.

[3] Grande Grande, F & Gil Mascarell, I 1985 "Proyecto básico y de ejecución para la restauración de la iglesia vieja de los Desamparados de Cuevas de Vinromá (Castellón), 2ª fase, pp. 6 i 7 de la Memoria Constructiva y de materiales." Castellón.

[4] Fantini, F 2010, "Image Based Data Processing (IBDP): la restituzione attraverso displaced subD a partire da rilevamento laser scanner", en Mandelli, E & Velo, U ed. 2010, *Il modello in architettura, cultura scientifica e rappresentazione*, Alinea, Firenze.

[5] Gros, P 2003, (a cura di) "Marco Vitrubio Polión 0088-0026 a.C. De architettura", Editoriale Giulio Einaudi, Torino. Libro IV. Pág. 400.

DATOS: LOS HECHOS SON SAGRADOS

Miguel MESA DEL CASTILLO CLAVEL
Juan Carlos CASTRO DOMÍNGUEZ

Universidad de Alicante
Departamento Expresión Gráfica y Cartografía

RESUMEN

At the end of year 2011, a series of collective demonstrations had succeeded around the world. These demonstrations had unbalanced some strong political and social structures and challenged the unalterable attributes of the urban context where they took place. The Arabian countries demonstrations, the London and Santiago de Chile students protests, the Greeks and Spanish *indignados* demonstrations and the UK riots in August, are social collective acts with a common link: the shake of the unalterable and peaceful metropolitan scenario.

The six days riots case succeeded in the United Kingdom in summer 2011 (UK riots 2011) can help to understand the political issue of some tools of graphic semiology and geography linked to research journalism and the increasing claim to the open public data demand.

01. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El trabajo que aquí se presenta corresponde a la investigación realizada sobre la intensa labor de monitorización y visualización de datos que el periódico británico *The Guardian* viene realizando en su edición digital a través de su sección *DATA. Facts are sacred*¹⁴. Para ello se ha utilizado como caso de estudio los mapas realizados a partir de los disturbios durante el verano de 2011 en las principales ciudades del Reino Unido como consecuencia de la muerte de un joven británico de raza negra en el barrio de Tottenham, Londres, a manos de la policía¹⁵.

Según se iban desarrollando los diferentes acontecimientos, *The Guardian* fue realizando una serie de mapas interactivos¹⁶ que ponían de manifiesto, por ejemplo, la relación entre la geolocalización de los antidisturbios y la procedencia de los detenidos o la relación entre el grado de pobreza de sus barrios de origen. Los resultados de estos cruces de datos son elocuentes:

1. La mayoría de las áreas en las que viven los sospechosos son marginales, más de la mitad de las mismas se empobrecieron en los últimos tres años.
2. Casi la mitad de los sospechosos vive en áreas de extrema marginación.

Este tipo de visualización de datos y sobre todo monitorización a tiempo real de un acontecimiento urbano de este calado es posible gracias a la *descajaneigrización* de los datos que hasta hace poco no eran de dominio público, sino de uso exclusivo del gobierno británico. Como consecuencias tenemos, por un lado la *transparentización* que supone el que determinados datos sean públicos y por otro la importancia que tiene el seguimiento de fenómenos urbanos para la investigación de ciudades y modelos urbanos.

Este escrito se propone indagar sobre las implicaciones que las nuevas tecnologías de descripción gráfica de fenómenos urbanos, como los (SIG, cartografías dinámicas) tienen sobre la elaboración de discursos políticamente condicionados.

02. ¿QUÉ ES OPEN DATA?

*Open Data*¹⁷ es un movimiento que aboga por la liberación de los datos producidos y almacenados en las agencias públicas, de manera que no tengan restricciones de licencias y patentes y pasen a pertenecer al Dominio Público.

Este movimiento, extensible a otros ámbitos como el software, la música o los libros, tiene su origen en la comunidad científica que ve como algo paradójico que en la era de la información digital y las TIC¹⁸ se restrinja el uso y difusión de datos e información recogidos por organismos públicos financiados por los impuestos de

¹⁴ <http://www.guardian.co.uk/data>

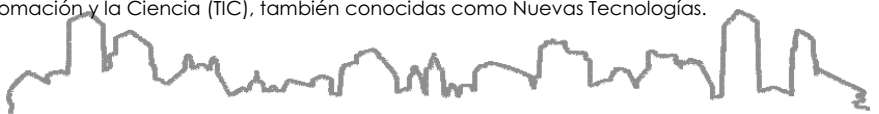
¹⁵ http://es.wikipedia.org/wiki/Disturbios_de_Inglaterra_de_2011

¹⁶ «UK riots: every verified incident - interactive map | News | guardian.co.uk», s. f.,

<http://www.guardian.co.uk/news/datablog/interactive/2011/aug/09/uk-riots-incident-map>

¹⁷ «Open data - Wikipedia, the free encyclopedia», s. f., http://en.wikipedia.org/wiki/Open_data

¹⁸ Tecnologías de la Información y la Ciencia (TIC), también conocidas como Nuevas Tecnologías.



todos los ciudadanos, en lugar de difundirlos y permitir que se desarrollen proyectos de investigación colaborativos a nivel mundial, promoviendo así investigaciones más profundas, complejas y fiables.

La base del *Open Data* y de los otros proyectos "abiertos", está en la definición del *Open Knowledge*¹⁹ Conocimiento Abierto, que define conocimiento como:

- Contenidos como música, películas y libros
- Datos científicos, históricos, geográficos o de cualquier otro tipo
- Información gubernamental y de las administraciones públicas.

El movimiento a favor del *Open Data*, confía por un lado en la importancia de disponer de la máxima información posible para poder tomar decisiones de una manera autónoma y por otro promover el traspaso de la toma de decisiones de los órganos gobernantes a los ciudadanos, favoreciendo las dinámicas de empoderamiento de los ciudadanos.

A partir de la apertura de datos públicos por parte de algunas administraciones (EE.UU. Reino Unido, Euskadi, Junta de Andalucía, etc.) el número de proyectos relacionados con la visualización de datos no ha parado de crecer y van desde la representación del catastro y parcelas agrícolas²⁰, a talleres que relacionan arte y tecnología²¹ portales que vinculan arte, diseño y datos²² o los métodos de visualización para redes complejas que se desarrollan en disciplinas como la biología, redes sociales o Internet²³.

03. LA CAMPAÑA DE THE GUARDIAN TECHNOLOGY

"Our taxes fund the collection of public data - yet we pay again to access it. Make the data freely available to stimulate innovation"²⁴.
Charles Arthur y Michael Cross

El 9 de marzo de 2006, Charles Arthur²⁵ y Michael Cross²⁶ publicaron en la sección de tecnología del diario *The Guardian*, un artículo bajo el título de *Devuélvannos nuestras Joyas de la Corona*²⁷. Este artículo fue el inicio de una campaña que *The Guardian* inició a favor de la liberación de datos por parte de los organismos públicos británicos y que bautizaron con el nombre de "Liberen Nuestros Datos"²⁸.

En el citado artículo, los editores argumentan por un lado lo indignante que resulta que datos financiados con los impuestos de todos los ciudadanos, volvieran a éstos previo pago y bajo licencias de protección de datos que limitaban los usos que se les podía dar y por otro lado que no dejaba de ser una traba a la innovación y desarrollo de cualquier empresa o negocio tecnológico, tanto por el pago como por la limitación de formatos para trabajar con esos datos.

Este razonamiento se realiza a partir de la comparación de las políticas adoptadas por Gran Bretaña y los Estados Unidos que es el único país del mundo que permite el acceso libre a todos sus datos. A esta política se remiten los autores para justificar que compañías expertas en el desarrollo de cartografías digitales como Google Maps, Microsoft MapPoint o Yahoo Maps sean norteamericanas.

Tal como se explicaba anteriormente, el artículo dio origen a una intensa campaña informativa para generar argumentos y aunar una masa crítica de internautas y compañías tecnológicas en la liberación de datos. Esta campaña finalizó oficialmente el 30 de septiembre de 2010, cuatro años después de su inicio, cuando el Archivo Nacional hizo pública su "licencia abierta"²⁹ para permitir que los datos públicos pudieran ser reutilizados libremente. Además, el gobierno británico creó una página web³⁰ para difundir los datos públicos de la mayoría

¹⁹ «Definición de Conocimiento Abierto | Open Definition», s. f., <http://opendefinition.org/okd/espanol/>.

²⁰ «Goolzoom», s. f., <http://www.goolzoom.com/>.

²¹ «Taller-seminario Visualizar'09: Datos públicos, datos en público - Medialab-Prado Madrid», s. f., http://medialab-prado.es/article/taller-seminario_visualizar09_datos_publicos_datos_en_publico..

²² «Information Is Beautiful | Ideas, issues, knowledge, data - visualized!», s. f., <http://www.informationisbeautiful.net/>.

²³ «visualcomplexity.com | About», s. f., <http://www.visualcomplexity.com/vc/about.cfm..>

²⁴ "Nuestros impuestos financian la recopilación de datos públicos; a pesar de ello pagamos de nuevo por acceder a ellos. Conviertan los datos [públicos] en libres para estimular la innovación."

²⁵ Editor del *Guardian's Technology*.

²⁶ Periodista de *The Guardian* especializado en políticas de la información e Innovación y Tecnología del gobierno del Reino Unido.

²⁷ «Give us back our crown jewels | Technology | The Guardian», s. f., <http://www.guardian.co.uk/technology/2006/mar/09/education.epublic>.

²⁸ «Free Our Data: Make taxpayers' data available to them», s. f., [http://www.freeourdata.org.uk/..](http://www.freeourdata.org.uk/)

²⁹ The National Archives, «Open Government Licence enables re-use of information | The National Archives», s. f., <http://www.nationalarchives.gov.uk/news/498.htm>.

³⁰ «data.gov.uk | Opening up government», s. f., <http://data.gov.uk/>.

de agencias estatales y en palabras del primer ministro David Cameron: "(...) convertir el gobierno británico en uno de los más transparentes del mundo."³¹

04. THE GUARDIAN DATA: FACTS ARE SACRED

Desde abril del 2009, la sección de tecnología del Guardian, abrió un apartado fijo en la edición digital del mismo bajo el título *DATABLOG: The Facts are Sacred*³². Esta sección está focalizada en lo que se denomina *data journalism* o periodismo de datos. Esta vertiente del periodismo vinculada a las TIC y a las redes sociales, no es más que la versión digital y contemporánea del periodismo de investigación.

Dos son los pilares del *data journalism*. Por un lado está la búsqueda y análisis de datos que permita una aproximación fiel y "objetiva" a la noticia y por otro transformar esas bases de datos y cantidad ingente de documentos en diagramas, mapas o esquemas que hagan entendibles para todo el mundo la relevancia de la información contenida en ellos. Para ello se utilizan infografías, aplicaciones interactivas y herramientas digitales como medio de representación para visualizar informaciones muy complejas con códigos muy sencillos. Esta disciplina a medio camino entre el periodismo de investigación, la estadística y el diseño gráfico, es a lo que comúnmente se denomina visualización de datos.

05. LOS DISTURBIOS DEL VERANO DE 2011: UK-RIOTS

Los disturbios raciales durante agosto de 2011 en el Reino Unido se iniciaron la noche del 6 de agosto en el barrio londinense de Tottenham como consecuencia de la muerte de Mark Duggan, un joven de color que fue abatido por la policía el 4 de agosto en medio de un arresto en el marco de una operación policial anti droga y armas.

Al día siguiente del inicio de los disturbios, *datablog* publicó un primer *post*³³ con un pequeño cuestionario, en el que solicitaba información a los habitantes que vivieron en primera persona las primeras revueltas para que estos primeros datos sirvieran de guía a los reporteros a pie de calle.

Apenas cuatro días después, el 10 de agosto, *datablog* publicó un primer mapa (Fig. 1) que vinculaba la localización de los disturbios con el índice de pobreza de los diferentes distritos de Londres, encabezados por dos preguntas: "¿Qué opina?" y "¿Existe una correlación entre los dos datos?"³⁴. Es decir, mientras todos los medios de comunicación se afanaban en facilitar informaciones de los altercados, ofrecían los datos que la policía le facilitaba, así como las opiniones recogidas a pie de calle, la sección tecnológica de *The Guardian*, recogía sus propias opiniones a través de la red y preguntaba una y otra vez cuales eran las opiniones de sus lectores sobre los datos que iban facilitando.

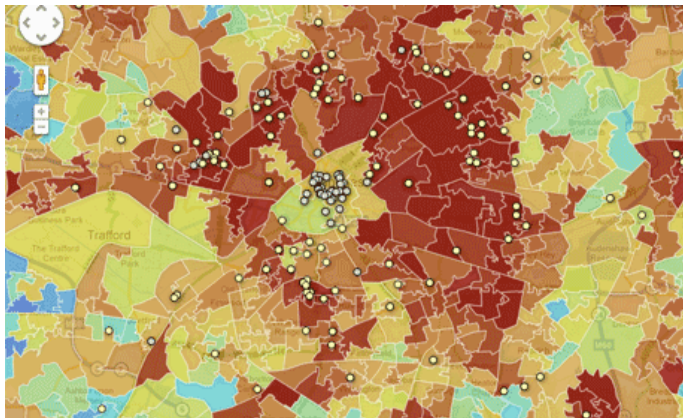


Fig 1. Geolocalización de los antidisturbios, procedencia de los detenidos y poder adquisitivo de los barrios de procedencia. 2011. <http://www.guardian.co.uk/news/datablog>

³¹ *Transparency*, 2010, http://www.youtube.com/watch?v=0stXV_fWWtU&feature=youtube_gdata_player.

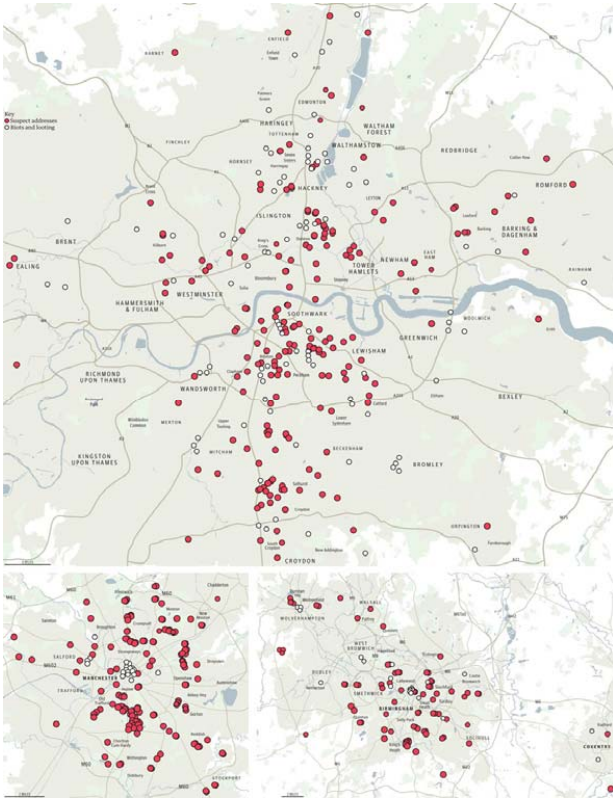
³² «Data journalism and data visualization from the Datablog | News | The Guardian», s. f., <http://www.guardian.co.uk/news/datablog..>

³³ «Tottenham riots: were you in the area? – survey», *the Guardian*, agosto 7, 2011, <http://www.guardian.co.uk/news/datablog/2011/aug/07/tottenham-riots-survey>.

³⁴ «Mapping the riots with poverty», *the Guardian*, agosto 10, 2011, <http://www.guardian.co.uk/news/datablog/interactive/2011/aug/10/poverty-riots-mapped..>



Los siguientes mapas producidos fueron: la localización de todos los altercados registrados, incluidos el número de arrestos, y un segundo mapa que mostraba la procedencia de los detenidos en relación al lugar en el que se produjeron los saqueos (Fig. 2). Este mapa permitía asegurar que el 70% de los arrestados habían viajado de otra parte de la ciudad. Esto es lo que el secretario de estado Eric Pickles denominó "turismo de disturbio".



718

Fig 2. Geolocalización de los antidisturbios y procedencia de los detenidos. 2011. <http://www.guardian.co.uk/news/datablog>

Otro de los campos de investigación explotados por *datablog*, fueron el tráfico de mensajes en las redes sociales. En los últimos años se ha hecho patente que cada revuelta o protesta social se ha vinculado de una manera más o menos directa a un canal de comunicación directo entre usuarios. En este caso, la red social elegida fue *twitter*³⁵. *The guardian datablog*, confeccionó una base de datos que analizó 2.5 millones de *tweets*, a través de los cuales se podían ver picos de hasta 20.000 mensajes haciendo referencia al lugar en el que minutos más tarde se producían asaltos y disturbios (Fig. 3).

³⁵ Twitter (<https://twitter.com/>) es una red social de *microblogging* que permite enviar mensajes de texto, o *tweets*, con una extensión inferior a 140 caracteres, que es la misma que permite cualquier SMS de un dispositivo de telefonía móvil.

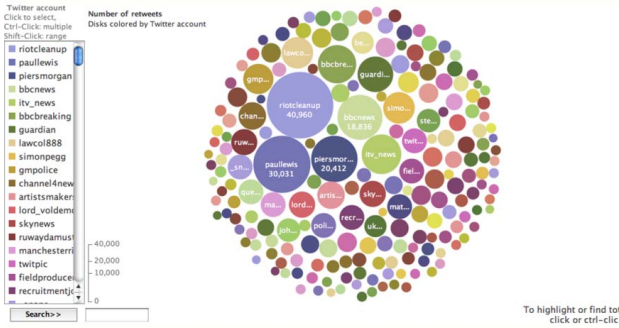


Fig 3. Número de retweets asignados por color a la cuenta de origen del mensaje. 2011. <http://www.guardian.co.uk/news/datablog>

Unos meses después, en octubre de 2011³⁶ el Ministerio de Justicia hizo públicos los datos de los casos juzgados en referencia a los disturbios de agosto de ese año. De estos datos se extrajeron informaciones como por ejemplo que el 90% de los detenidos eran varones, que la cuestión étnica, por una vez, no estaba descompensada (el 47% de los detenidos era de raza blanca frente al 42% de raza negra); que según la edad, solo el 5% eran mayores de 40 años y que según la zona, los menores de 18 años variaba entre un 27% y un 42%; el 35% eran adultos en el paro y que no recibían ningún tipo de ayuda social y el 13% eran adultos en el paro con subsidio de desempleo; que el 64% de los menores de 18 años arrestados vivían en una de las zonas más castigadas por la pobreza y solo el 3% vivía en las zonas más pudientes.

Este mismo análisis permite apuntar situaciones interesantes como la diferencia de sentencias de cárcel en función de si es un juzgado popular (86% de encarcelamiento) o no (42%); las diferentes tipos de sentencia en función de la localidad del juzgado (Londres envía proporcionalmente más detenidos a la cárcel que Manchester o Merseyside) o que el 76% de los detenidos juzgados tenían antecedentes y condenas anteriores.

Algunas de las conclusiones de la monitorización que *the guardian datablog* hizo fueron:

- En contra de las declaraciones del primer ministro David Cameron³⁷, la pobreza fue un factor clave: el 58% de los sospechosos vive en el 20% de las áreas más marginales de Inglaterra. El 60% de estas zonas mantuvo su estatus en los últimos tres años y el 14% fueron a peor.
- La mayoría de participantes en los altercados eran varones, entre 18 y 24 años y sin ocupación laboral.
- La mayoría de los arrestados y participantes en los disturbios pertenecían a zonas suburbanas que se desplazaron a los lugares de los altercados en los centros neurálgicos de las poblaciones o distritos.
- El 33% de los condenados eran de raza blanca, el 47% de raza negra y el 7% asiáticos. Esta cifra varía según la zona, de manera que en Londres la raza predominante fue la negra, pero en Manchester, Salford o Liverpool eran de raza blanca, alcanzando el 79% en Merseyside.
- Los enfrentamientos con la policía derivaron en saqueos a tiendas y comercios, siendo las más afectadas tiendas de tecnología (12%), cadenas comerciales de deporte y ropa de marca (10%), y restaurantes y supermercados (10%) (Fig. 4).

³⁶ «Riots broken down: who was in court and what's happened to them?», *the Guardian*, septiembre 15, 2011, <http://www.guardian.co.uk/news/datablog/2011/sep/15/riot-defendants-court-sentencing..>

³⁷ "Estos disturbios no tienen que ver con la pobreza. Esa opinión es un insulto a los millones de personas que fuera cual fuera la dificultad en la que se encuentran, nunca pensarían en hacer sufrir así a otras personas"



Fig 4. Porcentajes de tipo de comercio afectados por los saqueos. 2011. <http://www.guardian.co.uk/news/datablog>

- El medio de comunicación utilizado para reaccionar a los disturbios y saqueos fue Twitter. La cuenta con más actividad fue creada expresamente para la ocasión bajo el lema de "limpieza de disturbios"³⁸ (como oposición ciudadana a los asaltos y saqueos) y que los *hashtags*³⁹ más utilizados por orden fueron: #Londonriots, #ukriots y #riotcleanup⁴⁰, es decir dos promoviendo las revueltas y el tercero como oposición a estas (Fig. 5).

720

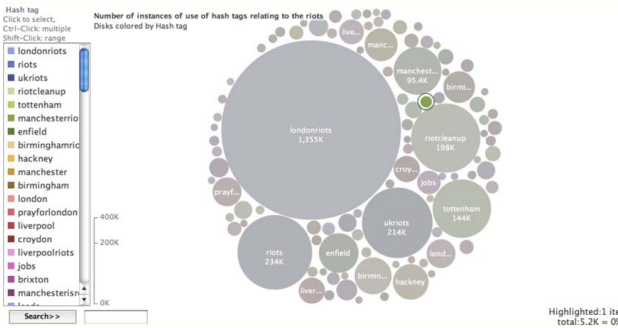


Fig 5. Visualización de los hash tags más utilizados durante los altercados⁸³. 2011. <http://www.guardian.co.uk/news/datablog>

- Las condenas de cárcel a los arrestados durante los enfrentamientos con la policía, fueron en un 25% más largas de lo habitual.
- El 51% de las condenas fueron por saqueo a locales comerciales.

06. GRAMÁTICAS DE LA TRANSPARENCIA. VISUALIZACIÓN DE DATOS

Esta exhibición pública y transparente de la información, inédita hasta ahora, lleva implícita una enorme carga de significados políticos, sociales, morales y éticos que es necesario someter a análisis, describir las metáforas que esconde (George Lakoff; Mark Johnson 2004) y, como ha indicado el sociólogo Fabián Muniesa, desentrañar sus propias gramáticas de la transparencia⁴¹, porque muchos autores consideran que existe una

³⁸ @riotscleanup

³⁹ El hashtag es como se conoce en Twitter a los "temas" que se crean en la red y que sirve para que un grupo de usuarios hable de un mismo asunto a pesar de que no tengan conexión entre ellos y de esta manera enviar mensajes globales a toda la red social.

⁴⁰ #disturbiosLondres, #disturbiosReinoUnido y #limpiadedisturbios

⁴¹ "Desentrañar una gramática de la transparencia particular en una situación concreta [que] permitirá, en cierto modo, comprender algunas propiedades del espacio así construido y de su devenir (...)" en: Andrés Jaque y Horacio Fernández, Ciudad (Madrid: La Fabrica ed, 2005).

profunda vinculación entre la práctica política y la producción de proyectos cartográficos de visualización de datos, hoy asistidos por la imprescindible utilización de software SIG y las coberturas elaboradas por las agencias estatales (capas, aerofotogrametrías, baterías de datos georeferenciados...).

La arquitectura de la información, visualización de datos o semiología gráfica es una disciplina reciente, iniciada por Jacques Bertin en los años 60 (Jacques Bertin; Antonio Muñoz Carrión; Serge Bonin; et al, *La gráfica y el tratamiento gráfico de la información* (Madrid: Taurus, 1987)., que tiene como objeto de estudio los signos visuales y sus reglas gramaticales y que es ampliamente utilizada en economía, geografía, análisis de riesgos, estudios sociológicos, fotoperiodismo, artes visuales, diseño corporativo, estrategias de mercado, etc.

Por otro lado puede entenderse la visualización de datos como un campo particular de las técnicas de descripción cartográficas (el propio Bertin era geógrafo de formación), o al menos como una evolución de las mismas hacia la explicación de fenómenos de diferente orden y escala e incorporando también las implicaciones que proporciona el hecho mismo de que el conocimiento (geográfico o científico en general) es necesariamente un instrumento de poder.

Como explica Zygmunt Bauman (Zygmunt Bauman 2001), la cartografía emerge inicialmente como un conocimiento geopolítico vinculado a la expansión colonial y el desarrollo mismo de la cartografía puede describirse como una "batalla de mapas" puesto que, afirma Bauman, "lo que para algunos puede ser leído fácil y claramente para otros puede ser oscuro", lo que significa que el propósito de la cartografía, históricamente, es el de "subordinar el espacio a un único mapa."

Los mapas o los diagramas para visualizar información constituyen entonces un dispositivo político⁴²: los mapas son herramientas que construyen proyectos espaciales de dominación y control disciplinario y que determinan el comportamiento de los individuos afectados (o atrapados) por la cartografía. Los mapas cognitivos, que formatean la información y la presentan para producir evidencias (Edward R Tufte 2006), también construyen, como evolución de la ciencia cartográfica, sistemas conceptuales cargados de metáforas visuales, de enorme significado político (George Lakoff; Mark Johnson 2004). Metáforas eficaces y auténticas si el código con el que han sido generadas es abierto y pueden revelar su opacidad, pero oscuras y misteriosas si sus estructuras internas permanecen intransitables e ininteligibles. Una elección que tradicionalmente se reserva el cartógrafo.

En su célebre libro *How to Lie with Maps*, Mark Monmonier (Mark S Monmonier 1991), muestra que la falsedad es algo propio de todos los dispositivos y tecnologías cartográficas y que la mayor parte de los argumentos expresados por los mapas contienen un grado mayor o menor de falsedad. El empleo de recursos gráficos dirigidos a reforzar una u otra afirmación, la elaboración farragosa de las leyendas y códigos gráficos, la ocultación de aspectos que debilitan el discurso, e incluso muchas veces la mentira interesada forman parte de las reglas del juego cartográfico en el que los mapas se muestran como un potente instrumento de propaganda, como símbolos de poder y como expresión de aspiraciones de soberanía.

La cartografía pues, asiste tecnológicamente al despliegue, en parte al menos, de la hegemonía política y de la producción de discurso, en la distribución de saberes y de poderes y en la práctica política para proporcionar una determinada forma física al territorio.

07. CONCLUSIONES: UK-RIOTS Y MAPAS

Pero en muchas ocasiones, y esta es la gran apuesta ética de *The Guardian*, los mapas permiten ofrecer una lectura de los fenómenos inapelable si la información es atendible y la elaboración de los documentos es también transparente. Por eso, los estados, en sus políticas menos garantistas o con rutinas democráticas muy poco vigiladas, se resisten a hacer públicos los datos que, en todo caso deberían ser compartidos puesto que están pagados por todos y corresponden a la realidad cartográfica de la colectividad.

En 2011, el gobierno del Reino Unido, consternado por las violentas revueltas y los saqueos del mes de agosto, puso en marcha un ambicioso programa educativo para reparar la quiebra moral que, en palabras de David Cameron⁴³, amenazaba la convivencia democrática del país. El mantra de Cameron para explicar estos sucesos fue el de la educación (responsabilizando incluso a las propias familias de no ocuparse de sus hijos). La cuestión pues, para el gobierno y para muchos de los analistas y estudiosos de este tipo de fenómenos, era fundamentalmente pedagógica.

Además se extendió la opinión interesada de que entre las hordas de saqueadores había una sorprendente distribución de ciudadanos de un amplio espectro social (se ha hablado de profesores, empleados públicos,

⁴² Particularmente interesantes en este sentido son los diagramas que realizó el artista norteamericano Mark Lombardi sobre las redes de poder relacionadas con diferentes escándalos financieros y regímenes políticos dictatoriales.

⁴³ «David Cameron on riots: broken society is top of my political agenda», *the Guardian*, agosto 15, 2011, <http://www.guardian.co.uk/uk/2011/aug/15/david-cameron-riots-broken-society..>



adolescentes de clase media...⁴⁴) desacreditando cualquier posibilidad de atribuir el protagonismo de los disturbios al descontento que las políticas de bienestar social de Cameron están generando en los barrios más desfavorecidos de las grandes ciudades inglesas.

Pero la elocuencia de los mapas suele ser inflexible. Los documentos cartográficos⁴⁵ publicados por el diario *The Guardian* en su web permiten cruzar los datos del *Department for Communities and Local Government* con la información que la fiscalía ha proporcionado acerca de las más de 2.800 personas detenidas y los resultados, como ya hemos apuntado, son contundente. La supuesta heterogeneidad social en las bandas de saqueadores parece más bien un dato anecdótico que una realidad científica.

No es cierto pues, como afirma Cameron⁴⁶, que la sociedad británica esté moralmente rota, las sociedades avanzadas democráticas están tremendamente fragmentadas, el llamado ascensor social, es un vestigio del pasado y cada vez más las clases más débiles (que en algunos países tienen también un carácter incontestable de orden racial) son conscientes de la imposibilidad de transitar verticalmente en el cuerpo social. En todo caso los recientes escándalos de las escuchas telefónicas, los inadmisibles índices de corrupción en altos cargos de la administración del estado y los 333 muertos en las comisarías del Reino Unido durante los últimos 13 años⁴⁷, sin que haya sido declarado ningún culpable indican, al igual que los mapas de *The Guardian*, que la quiebra moral en el país no es un patrimonio de las bandas de malhechores que tanto preocupan a Cameron, sino que se trata de un proceso degenerativo que atraviesa todo el cuerpo social. Ya no estamos hablando de un subproletariado urbano de perfiles *pasolinianos*, sino de una sociedad como un gran organismo fracturado, en el que un gigantesco precariado se revela ante las humillaciones de una vida diaria que se ha convertido en insoportable.

Según los datos, los saqueadores británicos proceden sobre todo de clases desfavorecidas y de los barrios habitados por inmigrantes, con una componente racial muy numerosa. Los saqueos en Inglaterra forman parte de las pequeñas imperfecciones del sistema, son disfunciones que pueden ser solucionadas con las medidas adecuadas (en el caso de Cameron, con una pedagogía) casi siempre más o menos asociadas a la limitación de derechos o al incremento de la violencia del estado, como bloquear el chat de *blackberry* (como por cierto ya hizo Mubarak en las revueltas de Egipto) y exigir legalmente la entrega de los datos de chat de los ciudadanos⁴⁸ en caso necesario, o el incremento de las medidas policiales con el recurso a los proyectiles de goma, los gases lacrimógenos y los cañones de agua, hasta ahora, por cierto, reservados por el Reino Unido en exclusiva para Irlanda del Norte.

No hay nada positivo en las protestas inglesas, no hay un discurso político, solo rabia y violencia contenida que ha estallado espontáneamente⁴⁹. Y sin embargo hay algo comprensible en el "get rich" de *Blackberry*. ¡Hagámonos ricos! Como todo el mundo. El habitual comportamiento racista de la policía y las detenciones indiscriminadas de ciudadanos, mayoritariamente de origen africano o asiático convierte de algún modo a estos delincuentes en actores inconscientes de un episodio lógico, un error del sistema que necesita ser reiniciado.

Los mapas revelan que los acontecimientos de Londres están protagonizados por los grupos sociales más frágiles, por los menos favorecidos, por los espacios de la metrópolis *lumpen*, en los lugares en los que se distribuye la droga y se trapichea con material robado, en los *dehritus* de las sociedades opulentas, y desvelan, con enorme violencia, las fisuras de un sistema que los excluye y que los utiliza políticamente a su favor⁵⁰.

La imagen de los políticos británicos volviendo apresuradamente de sus vacaciones mientras los barrios de Londres se incendian no puede ser más elocuente. Los delincuentes de Londres no veranean, porque, o no han trabajado nunca, o están en paro, pero no parecen estar dispuestos a seguir siendo invisibles. La relación entre

⁴⁴ Si bien es cierto que hubo algún detenido estadísticamente desviado de lo previsible, una atenta lectura de los datos de la policía, desacredita esta afirmación.

⁴⁵ "England riots: suspects mapped and poverty mapped | UK news | guardian.co.uk", n.d., http://www.guardian.co.uk/news/datablog/interactive/2011/aug/16/riots-poverty-map?CMP=tw_t_gu.

⁴⁶ Así lo ha expresado en su discurso a la nación del 15 de agosto de 2011

⁴⁷ "Deaths in police custody since 1998: 333; officers convicted: none | UK news | The Guardian", n.d., <http://www.guardian.co.uk/uk/2010/dec/03/deaths-police-custody-officers-convicted>.

⁴⁸ *Blackberry* ya ha expresado públicamente su disponibilidad a colaborar con la policía en el momento que ésta lo considere necesario. Y de hecho ya lo está haciendo para identificar a los detenidos. Véase: «London riots: BlackBerry to help police probe Messenger looting "role" | UK news | The Guardian», s.f., <http://www.guardian.co.uk/uk/2011/aug/08/london-riots-blackberry-messenger-looting>.

⁴⁹ Aunque el hecho detonante fue el asesinato (presuntamente por la policía) de un joven del barrio de Tottenham en Londres.

⁵⁰ Es muy interesante comprobar las reacciones de muchos ciudadanos residentes en los barrios atacados por las bandas de saqueadores entrevistados tras los disturbios. La mayor parte de ellos pedían castigos más severos y un incremento de la vigilancia.

pobreza y el origen de los sospechosos detenidos en Londres ya ha sido georeferenciada⁵¹ y aunque James Cameron ha centrado su estrategia en un nuevo proyecto educativo, lo que estos mapas ponen en evidencia es que la discusión debería centrarse sobre todo en una distribución espacial de la riqueza equilibrada y en un urbanismo que se preocupe más por la articulación de las diferentes realidades sociales que por la segregación, la vigilancia y la militarización de la vida urbana, especialmente la de los más débiles.

Referencias bibliográficas

Andrés Jaque, y Horacio Fernández. *Ciudad*. Madrid: La Fabrica ed, 2005.

Archives, The National. «Open Government Licence enables re-use of information | The National Archives», s. f. [Accedido: 10 de mayo de 2012] <http://www.nationalarchives.gov.uk/news/498.htm>.

«Data journalism and data visualization from the Datablog | News | The Guardian», s. f. [Accedido: 25 de mayo de 2012] <http://www.guardian.co.uk/news/datablog>.

«data.gov.uk | Opening up government», s. f. [Accedido: 16 de mayo de 2012] <http://data.gov.uk/>.

«David Cameron on riots: broken society is top of my political agenda». *the Guardian*, agosto 15, 2011. [Accedido: 16 de mayo de 2012] <http://www.guardian.co.uk/uk/2011/aug/15/david-cameron-riots-broken-society>.

«Definición de Conocimiento Abierto | Open Definition», s. f. [Accedido: 10 de mayo de 2012] <http://opendefinition.org/okd/espanol/>.

Edward R Tufte. *Beautiful evidence*. Cheshire, Conn: Graphics Press, 2006.

«Free Our Data: Make taxpayers' data available to them», s. f. [Accedido: 10 de mayo de 2012] <http://www.freeourdata.org.uk/>.

George Lakoff; Mark Johnson. *Metaforas de la vida cotidiana*. Madrid: Catedra, 2004.

«Give us back our crown jewels | Technology | The Guardian», s. f. [Accedido: 10 de mayo de 2012] <http://www.guardian.co.uk/technology/2006/mar/09/education.epublic>.

«Goolzoom», s. f. [Accedido: 16 de mayo de 2012] <http://www.goolzoom.com/>.

«Information Is Beautiful | Ideas, issues, knowledge, data - visualized!», s. f. [Accedido: 16 de mayo de 2012] <http://www.informationisbeautiful.net/>.

Jacques Bertin; Antonio Muñoz Carrión; Serge Bonin; et al. *La gráfica y el tratamiento gráfico de la información*. Madrid: Taurus, 1987.

«Mapping the riots with poverty». *the Guardian*, agosto 10, 2011. [Accedido: 29 de mayo de 2012] <http://www.guardian.co.uk/news/datablog/interactive/2011/aug/10/poverty-riots-mapped>.

Mark S Monmonier. *How to lie with maps*. Chicago: University of Chicago Press, 1991.

«Open data - Wikipedia, the free encyclopedia», s. f. [Accedido: 15 de mayo de 2012] http://en.wikipedia.org/wiki/Open_data.

«Riots broken down: who was in court and what's happened to them?» *the Guardian*, septiembre 15, 2011. [Accedido: 30 de mayo de 2012] <http://www.guardian.co.uk/news/datablog/2011/sep/15/riot-defendants-court-sentencing>.

«Taller-seminario Visualizar'09: Datos públicos, datos en público - Medialab-Prado Madrid», s. f. [Accedido: 16 de mayo de 2012] http://medialab-prado.es/article/taller-seminario_visualizar09_datos_publicos_datos_en_publico.

«Tottenham riots: were you in the area? – survey». *the Guardian*, agosto 7, 2011. [Accedido: 29 de mayo de 2012] <http://www.guardian.co.uk/news/datablog/2011/aug/07/tottenham-riots-survey>.

Transparency, 2010. [Accedido: 16 de mayo de 2012]

http://www.youtube.com/watch?v=0stXV_fWWtU&feature=youtube_gdata_player.

«visualcomplexity.com | About», s. f. [Accedido: 16 de mayo de 2012] <http://www.visualcomplexity.com/vc/about.cfm>.

Zygmunt Bauman. *La globalización: consecuencias humanas*. Sección de obras de sociología. México: Fondo de Cultura Económica, 2001.

⁵¹ «England riots: suspects mapped and poverty mapped | UK news | guardian.co.uk», s. f., <http://www.guardian.co.uk/news/datablog/interactive/2011/aug/16/riots-poverty-map>.



CAPITELES SEVILLANOS. TÉCNICAS AVANZADAS PARA SU DOCUMENTACIÓN GRÁFICA.

Borja MOLERO ALONSO
Elena CABRERA REVUELTA
José Antonio BENAVIDES LÓPEZ
Ruth PINO SUÁREZ
José Antonio BARRERA VERA

Universidad de Sevilla
Departamento de Ingeniería Gráfica

Abstract

Recent developments in the field of documentation of cultural heritage using digital photogrammetry and scanning have led to a renewed interest in techniques and processes that are being used to get geometric models of heritage. So far, however, there has been little discussion about the definition of standardized processes in order to ensure homogeneity and interoperability.

On the other hand, very valuable information of the buildings is contained by capitals. The aim of our research is to get a protocol in the documentation of this kind of architectural elements, through the use and comparison of new technologies in the graphic documentation. For this purpose, we have used photogrammetric techniques and optical scanners in order to obtain field data, specialized software management and modeling point clouds for the development of textured 3D models and graphic design software that allows us to analyze and disseminate the results.

INTRODUCCIÓN

El presente documento presenta los trabajos llevados a cabo para la documentación gráfica, con carácter métrico, de capiteles (Figura 1), mediante el empleo de técnicas fotogramétricas y de escaneado óptico 3D.

Con los avances producidos en la última década en las técnicas fotogramétricas y de escaneado, en gran parte gracias a los imparable progresos tecnológicos, han florecido sus aplicaciones (J. Herráez Boquera et al. 2012). Estos avances han propiciado la incorporación de nuevos métodos y estudios al ámbito de la arqueología y el patrimonio, de este modo la documentación gráfica del mismo es un campo que se encuentra en actual expansión. Son varios los investigadores españoles que se encuentran en primera línea, además de investigadores internacionales, lo que nos indica que no solo es un campo que interesa en el viejo continente (siendo el caso de Italia donde más se observa un creciente interés, quizás influenciado por su rico legado patrimonial).

Por ello, hoy en día existe una gran variedad de métodos, desde los más clásicos a nivel manual (que aún no han llegado a perderse) hasta las técnicas más avanzadas en fotogrametría y escaneado. En este escenario podemos imaginar la dificultad que implica a los gestores del patrimonio (ya sean técnicos relacionados con la arquitectura, arqueología, topografía, restauración, historia,...) escoger los métodos más adecuados para sus proyectos.

Por otro lado, la huella que las distintas civilizaciones han ido dejando en la arquitectura de Sevilla puede ponerse de manifiesto mediante el estudio de uno de los elementos más representativos de las distintas corrientes arquitectónicas: los capiteles. Numerosos estudios se hacen eco de la nutrida muestra que disponemos en Sevilla y de su importancia desde el punto de vista histórico, arqueológico y arquitectónico (Bermúdez Cano 2004).

Los modelos tridimensionales permiten, entre otros aspectos, documentar y analizar las formas y dimensiones con un grado de resolución muy elevado. Hoy en día existen principalmente dos técnicas que permiten generar modelos 3D de alta resolución y precisión: la fotogrametría digital y el escaneado láser. En este documento expondremos y analizaremos los resultados obtenidos para el estudio geométrico de capiteles mediante



Figura 1. Fotografía de capitel en el Real Alcázar de Sevilla. 2012. Fuente: Autores.

fotogrametría estereoscópica y escaneado óptico 3D. La finalidad de nuestro trabajo es mostrar algunas de las posibilidades que nos ofrecen los sistemas de digitalización 3D, para el análisis, documentación, divulgación y conservación del registro arqueológico.

OBJETIVOS

Nuestra investigación pretende, mediante el empleo y la comparación de las tecnologías existentes en la documentación gráfica, obtener un protocolo de actuación en la documentación de este tipo de elementos arquitectónicos, de forma que los resultados obtenidos puedan ser una herramienta de trabajo para aquellos arqueólogos, historiadores, arquitectos, demás profesionales y público en general interesados en el análisis profundo de la geometría y las texturas del mismo, optimizando el conocimiento y la documentación del patrimonio. "El conocimiento de las formas reales resulta indispensable tanto para el análisis de las necesidades de su conservación, como para un correcto estudio histórico y formal" (Almagro 2011).

LOCALIZACIÓN.

En este proyecto se ha realizado el modelo tridimensional de uno de los capiteles del Cenador de Carlos V mediante fotogrametría estereoscópica y escaneado óptico. El Cenador de Carlos V, tradicionalmente llamado Cenador de la Alcoba, se encuentra dentro del recinto del Real Alcázar de Sevilla. Fue construido en honor a Isabel de Portugal y Carlos V, transformándose una antigua construcción musulmana que tenía la misma estructura. Estas obras de remodelación tuvieron lugar entre 1543 y 1546, siendo Juan Hernández su director⁵². Mezcla elementos renacentistas con otros de herencia mudéjar, como los azulejos realizados por Diego y Juan Pulido.

Nuestro elemento de estudio, los capiteles, se encuentran en la galería exterior que rodea a todo el edificio. Estos son de origen genovés. En la Figura 2 se expone alzado, planta y sección del edificio con indicación del capitel seleccionado en el presente proyecto (marcado en rojo), situado en la fachada norte. El edificio cuenta con un total de 20 columnas y capiteles, todos ellos con diferencias en su geometría. La selección del elemento se realizó por su especial deterioro, alterándose la geometría actual de la original por la rotura de pequeños adornos en la flor del ábaco y volutas.

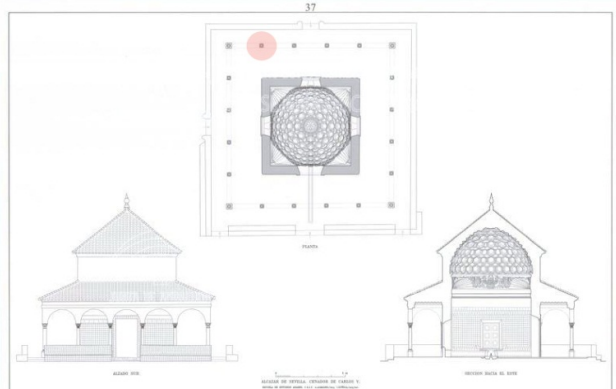


Figura 2. Documentación gráfica del Cenador de Carlos V con selección de capitel objeto de estudio. 2000. Fuente: Patronato de la Alhambra y Generalife.

⁵² El aspecto que hoy presenta corresponde la remodelación llevada a cabo entre 1543 y 1546, como una de las primeras actuaciones que se ejecutaron con objeto de convertir los antiguos huertos musulmanes en jardines renacentistas.



ESCANEO ÓPTICO 3D.

Captura de datos.

Por un lado, se ha empleado un láser óptico de alta resolución capaz de recoger información de las texturas del elemento con una cámara incorporada de 1,3 Megapixels y una profundidad de color de 24 BPP⁵³, lo que nos permite disponer de 16.777.216 colores, denominado "True Color". Esto se convierte en un dato de importancia cuando hablamos de este tipo de proyectos, ya que la información que las texturas pueden aportar al resultado final obtenido del modelo digitalizado es crucial (Remondino et al. 2009). En este proyecto el modelo empleado ha sido el Escáner Artec MHT 3D⁵⁴. A diferencia de los escáner láser empleados en numerosos trabajos de documentación gráfica⁵⁵, esta herramienta trabaja con una fuente de luz tipo flash (sin láser), por lo que se pudo "capturar" información con tiempos de exposición del sensor inferiores a la milésima de segundo.

Escanear este tipo de elementos requiere el desplazamiento de todo el equipo al lugar donde éste se encuentre. Además, el escáner óptico necesita el apoyo de un equipo informático y conexión a la red eléctrica, distanciándose la toma más cercana 25,50 metros del capitel y haciendo necesario material auxiliar para realizar dicha conexión.

Una vez situados en la zona de trabajo con las herramientas y medios auxiliares a punto, el escaneado fue realizado a una profundidad de campo comprendida entre 0,4 m y 1 m, disponiendo los sensores lo más paralelo posible a la superficie del capitel a lo largo de su recorrido a través de esta (formando 90° con la horizontal). Estos parámetros son esenciales para la calidad del escaneado y la máxima reducción de ruido posible en el proceso de toma de datos. Para situar la escalera portátil a la distancia adecuada nos ayudamos de un medidor láser modelo Leyca, esto fue solo algo orientativo ya que posteriormente guardamos las distancias ideales anteriormente mencionadas mediante el medidor de rango que el propio software proporciona.

En relación a la velocidad de movimiento del escáner sobre la superficie del capitel, esta debe ir en concordancia con la velocidad a la que se configura la toma de fotografías. En este proyecto, tras varias pruebas in situ, se ha establecido la velocidad a 14 fps⁵⁶. Este ajuste ha sido condicionado por los medios auxiliares disponibles y la factible división del proceso en cuatro zonas bien diferenciadas: cada una de las "caras" del capitel; primero se realizó la zona orientada al oeste, para después pasar a la zona sur, en tercer lugar la zona este y para finalizar la zona norte. El posterior trabajo de post-proceso de datos nos permitiría fusionar estas divisiones requeridas en el trabajo de campo.

Procesamiento de los datos.

Una vez ha sido finalizada la fase de escaneado del objeto desde todos los ángulos mencionados anteriormente se ha de proceder a la construcción del modelo 3D. Este proceso incluye los siguientes pasos:

1. Exportación de información al sistema.

La velocidad de escaneo debe permitir el correcto acople de los distintos fotogramas durante el proceso de escaneado. Las características geométricas de las áreas acopladas se usan de forma automática por el software para alinear los fotogramas colindantes. Después del proceso se exportan los fotogramas alineados en un único sistema de coordenadas, analizando el tamaño del área capturada y permitiendo conocer las partes del objeto que necesitan ser escaneadas de nuevo. Este proceso da como resultado la obtención de las nubes de puntos. Estableciéndose tres por cada división del trabajo, tomadas desde distintos ángulos.

⁵³ Bits per Pixel

⁵⁴ www.artec-group.com.

⁵⁵ El empleo de los escáneres láser en la documentación geométrica del patrimonio ha evolucionado asombrosamente en la última década. Sin embargo, recopilando algunos de esos trabajos se observa como no ha logrado desplazar de este campo a las técnicas fotogramétricas, entre otros motivos, por la inversión que requiere adquirir un escáner láser y el conocimiento que requiere su manejo. Por el contrario, las técnicas fotogramétricas han evolucionado hacia la automatización de su software y los recursos necesarios no requieren gran inversión, aunque de ello pueda depender la calidad del resultado final. Aplicaciones de estas técnicas vemos en trabajos como: (Biosca Taronger et al. n.d.), (Lerma, Navarro, Cabrelles & Villaverde 2010), (Barrera Vera 2006)(Lerma, Navarro, Cabrelles, Seguí, et al. 2010).

⁵⁶ Fotogramas por segundo.

2. Reducción del ruido.

Una vez han sido obtenidas las nubes de puntos se han de eliminar los posibles restos de ruido, a pesar de las precauciones que se tomaron durante el proceso de toma de datos y de las características de la textura del capitel (idóneas para este tipo de trabajos). Se ha procedido a la reducción de este ruido con la ayuda del software Artec Studio.

3. Alineamiento de las nubes de puntos.

Para realizar el alineamiento de las nubes de puntos han sido seleccionadas aquellas zonas de la superficie del capitel que presentaban una geometría característica (como marcas naturales, roturas y salientes en la superficie). Por lo tanto, no es necesario ningún tipo de marcado previo sobre el elemento o la colocación de dianas. En este proyecto se han establecido el mayor número de puntos posibles para las referencias en el alineamiento, no siendo este nunca inferior a tres, de forma que favorezca la precisión del modelo final.

4. Optimización global.

La optimización global de los fotogramas ha permitido la colocación de estos en un sistema de coordenadas global, corrigiendo cualquier error o fallo de alineación. El proceso se basa en seleccionar un grupo de puntos geométricos, para compararlo con los diferentes fotogramas, obteniendo información sobre las posiciones relativas de cada par de fotogramas. En este proyecto, dicho algoritmo ha sido realizado con la ayuda del software mencionado.

5. Triangulación y obtención del modelo tridimensional.

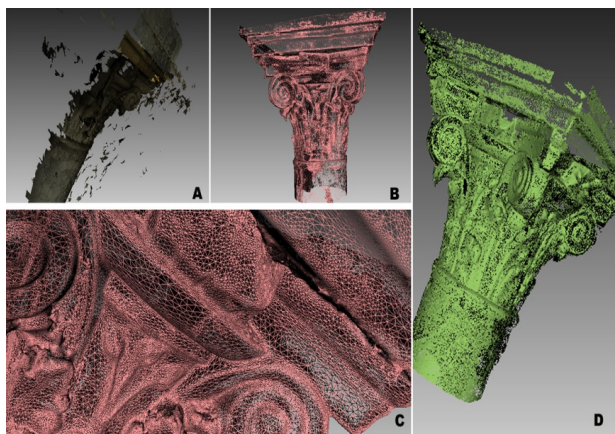


Figura 4. A) Ruido producido durante uno de los escaneos; B) Nube de puntos obtenida; C) Proceso TIN; D) Resultado de la superposición de los distintos escaneos. 2012. Fuente: Autores.

Una vez completada la optimización global, se ha creado un único modelo poligonal 3D. Este proceso también es conocido como TIN (Triangular Irregular Network), el cual consiste en una aproximación de la superficie que se pretende representar a una superficie poliédrica formada por triángulos cuyos vértices son los puntos de la nube obtenida (Barrera Vera 2006). Esta constituye la parte central del proceso de reconstrucción tridimensional de un objeto (Biosca Taronger et al. n.d.). Para ello, es necesario un preciso procesado de los datos mediante el software adecuado⁵⁷.

Una vez obtenida la malla, se realizaron trabajos relacionados con la optimización de la misma. Fueron aplicados diferentes filtros en orden de crear una malla uniforme, eliminando superficies no deseadas y minimizando las zonas ocultas. Debemos tener en cuenta la complejidad de la superficie del capitel, donde algunas zonas son materialmente imposibles de escanear debido a la geometría del elemento.

El modelo final se formó con 35.643.392 polígonos y 19.758.352 vértices. Números que trabajan en aras de conseguir una gran precisión.

6. Texturización del modelo.

La texturas aportan una valiosa información al modelo tridimensional, mucho más cuando hablamos de usar la digitación 3D dentro de la arqueología y arquitectura. Existen diversos métodos para dotar al modelo de textura (Alkheder et al. 2009). En este proyecto hemos contado con la información recogida por el escáner, que como hemos mencionado incorporaba una cámara. Un problema de las cámaras que incorporan estas herramientas es la baja resolución que nos aportan, pero que en este caso fue suficiente como podremos comprobar en los resultados finales.

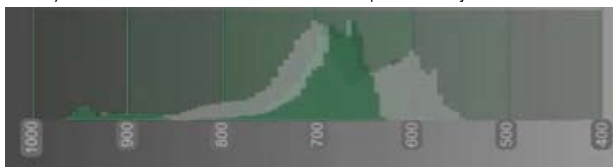
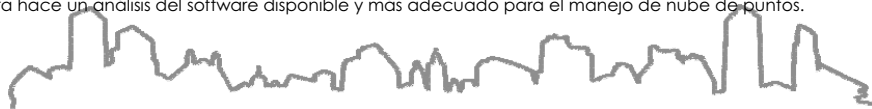


Figura 3. Medidor de rango utilizado. 2012. Fuente: Artec Studio.

⁵⁷ En su trabajo J.A. Barrera hace un análisis del software disponible y más adecuado para el manejo de nube de puntos.



7. Resultados obtenidos con el escaneado óptico.

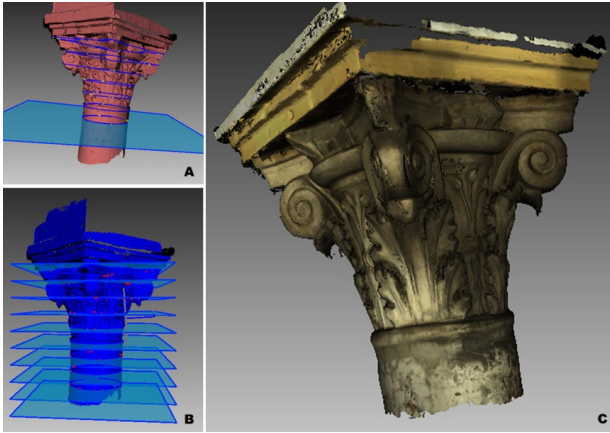


Figura 5. A y B) Planos de sección a el cuerpo del capitel; C) Modelo 3D texturizado. 2012. Fuente: Autores.

Finalmente se obtuvo el modelo 3D del capitel deseado. En la Figura 5 se observa el modelo 3D texturizado. Un rasgo interesante de este resultado es su carácter métrico, que nos permiten realizar análisis y mediciones sobre él con precisiones de hasta 0,1 milímetro.

Para conseguir este resultado ha sido dividido el proceso en trabajo de campo y gabinete, siendo este último más arduo que el primero. La obtención de escaneos con la calidad suficiente afecta al post-proceso de estos datos, y por tanto a las horas de trabajo necesarias. Partir de unos escaneos de mala calidad dificulta sobremanera el manejo de esta información. En otro ámbito, los recursos informáticos requeridos fueron de vital importancia, hasta el punto de condicionarnos en el desarrollo del trabajo.

FOTOGRAMETRÍA ESTEREOSCÓPICA.

Por otro lado, han sido empleadas técnicas fotogramétricas. Existen trabajos en los que para la obtención de un solo modelo 3D se han combinado distintas técnicas (Lerma, Navarro, Cabrelles & Villaverde 2010). En el presente proyecto se ha realizado un estudio por separado para su posterior comparación.

Captura de datos.

Se realizaron tomas fotográficas del capitel. Para ello, empleamos una cámara digital réflex, modelo Nikon D5100 con 16,2 millones de píxeles efectivos y objetivo AF-S 18-55⁵⁸ mm. Este equipo nos ha permitido realizar los ajustes necesarios sobre la realización de los "disparos" para conseguir la mayor calidad de imagen digital posible.

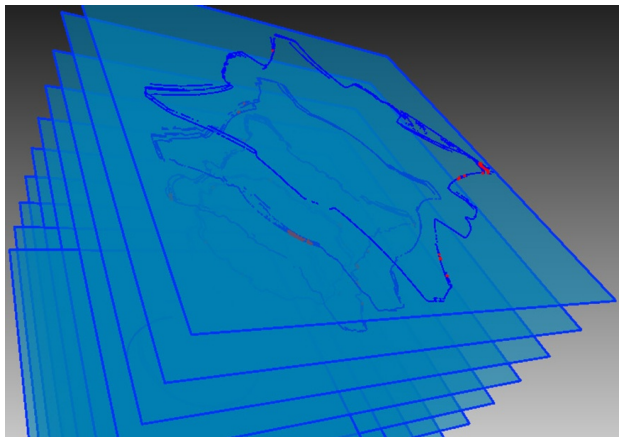


Figura 6. Secciones del capitel a distintas cotas obtenidas a partir del modelo 3D. 2012. Fuente: Autores.

1. Toma de fotografías.

Podemos considerar este proceso como el más importante dentro del método de la fotogrametría (Astorqui 2003). Una mala disposición de las imágenes, sin la nitidez suficiente, un área recogida no adecuada en cada imagen, o un número insuficientes de estas puede hacer que no sea posible continuar con el trabajo una vez estemos en gabinete, requiriendo un nuevo desplazamiento allí donde se encuentre el objeto en cuestión (en los casos que esto sea posible). Además, será un proceso decisivo para la calidad y precisión del resultado final. Por ello, un aspecto crucial es la planificación previa de esta sesión de campo.

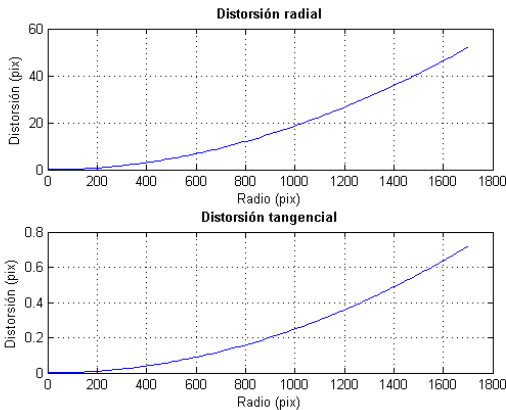
En este proyecto ha sido realizado un análisis previo de la geometría del elemento. Como se observa en la Figura 1, el capitel está cargado de adornos de tipo floral, por lo que no estaba exento de problemas de sombras en determinadas áreas del elemento. Tras el análisis, fueron realizadas dos sesiones diferenciadas de fotografías. La primera de ellas recorriendo el elemento a su alrededor, a una cota similar a la del collarino, tomando 3 fotografías por cada cara del capitel más 2 que funcionaran de enlace entre estas. La segunda sesión tuvo las mismas características que la primera, con excepción de la cota a la que se tomaron las fotos,

⁵⁸ Depende de los medios utilizados puede variar la calidad del resultado final. En este proyecto se empleó este tipo de cámara y lente que nos proporcionó imágenes acordes con los parámetros de calidad buscados.

siendo ésta similar a la cota de las volutas. En esta sesión se buscaba cubrir aquellas zonas de sombra⁵⁹ que no nos permitían obtener toda la información requerida de la superficie del capitel. Por lo tanto, para la realización de este proceso fueron tomadas un total de 40 fotografías. Para ambas sesiones se dispuso de una plataforma de trabajo debido a la cota del capitel.

Las consideraciones más importantes que se tuvieron en cuenta para la realización de este proyecto han sido:

- Ha sido planificada de forma cuidadosa la fase de toma de datos.
- Todas las tomas se han enfocado hacia el centro geométrico del elemento, de forma aproximada, y guardando el mismo radio de giro.
- Las tomas fotográficas han sido tomadas en distancias focales pequeñas.
- En todas las tomas existen rangos de áreas solapadas, en al menos tres de las fotografías.
- Se han evitado tomar las fotografías con fondos en los que las personas que visitan el edificio queden capturadas evitando fondos en movimiento.
- Las dos sesiones de toma de fotografías han sido realizadas a primera hora de la mañana, evitando que la luz natural arrojará sombras sobre el capitel. En este sentido, cabe conectar este ítem con la elección del capitel estudiado (se seleccionó un capitel de la zona norte de la galería que rodea al edificio).
- Se han tomado medidas de control con cinta métrica, que a su vez han sido utilizadas para escalar el modelo.



El equipo fotográfico empleado para desarrollar este proyecto es el siguiente:

de imágenes (píxeles)
 a focal F(mm)
 ad de obturación (s)
 na (número f)

Nikon D5100
4928 x 3264
18
De 1/60 hasta 1/100
F/10
De 200 hasta 300

Tabla 1. Configuración del equipo fotográfico .Fuente: Autores.

2. Calibración de la cámara.

La calibración de la cámara es un proceso que debemos realizar antes de comenzar con la restitución. Debíamos conocer cómo se comporta nuestra cámara al transformar un

punto del modelo real al plano elaborado. Este paso puede ahorrarse si la cámara es métrica y/o si los parámetros de la óptica son conocidos y corregidos (Barrera Vera 2006). Para esta fase son dos los factores principales a tener en cuenta: la distorsión radial producida por la propia lente y la distorsión tangencial. Existen diversos sistemas para la calibración de cámaras no métricas (Buill et al. 2007). Los coeficientes para nuestra cámara son:

Coeficientes (distorsión radial)		Coeficientes (distorsión tangencial)	
K1	-0,099512	P1	$3,6393 \times 10^{-4}$
K2	0,052127	P2	$4,7102 \times 10^{-4}$
K3	-0,032979		

Tabla 2. Coeficientes de distorsión radial y tangencial. Fuente: Agisoft Lens.

Otros aspectos importantes son el sensor y la óptica (o lente). El equipo fotográfico utilizado en nuestro proyecto es capaz de aportarnos una resolución de 16.084.992 píxeles efectivos, teniendo en cuenta que el capitel tiene una dimensión máxima de 0,35 m, podremos llegar a apreciar $2,175 \times 10^{-5}$ mm por pixel⁶⁰. Por lo que podemos decir que los niveles de detalle son muy buenos en este proyecto y más que suficientes.

Para la calibración del equipo ha sido utilizado un software desarrollado por Agisoft⁶¹ (Lens). Permite obtener los parámetros de distorsión radial y tangencial (José Herráez Boquera & Navarro Esteve 1997) mediante la toma de fotografías de una plantilla desde diferentes ángulos no aleatorios (Agisoft 2011).

⁵⁹ Zonas de sombras o zonas ocultas que la propia geometría del elemento impide ver en la primera sesión mencionada.

⁶⁰ Caso ideal.

⁶¹ www.agisoft.ru



Gráfica 1. Deformaciones radial y tangencial con los parámetros obtenidos (Matlab). 2012. Fuente: Autores.

Procesamiento de los datos.

Una vez ha sido fotografiado el objeto con las pautas nombradas anteriormente se ha procedido a la construcción del modelo 3D. Para ello, nos apoyamos en el software desarrollado por Agisoft (PhotoScan). Este proceso incluye los siguientes pasos:

1. Importación de los datos al sistema.

Antes de realizar la importación de las fotografías en el sistema se ha realizado una rápida selección de las mismas, desechando aquellas de baja calidad que pudieran afectar de forma negativa al resultado final deseado. Esta selección atiende a todos los parámetros mencionados hasta ahora.

2. Alineamiento de imágenes.

Una vez las fotografías han sido cargadas en el software se ha ejecutado el alineamiento de las mismas. En esta fase, el software nos ayuda a encontrar los posicionamientos de la cámara para cada fotografía realizada. Este proceso ha evolucionado a lo largo de las últimas actualizaciones de los programas comerciales dedicados a la fotogrametría, pasando de ser un arduo trabajo de referenciación de puntos homólogos entre las distintas fotografías (Cueli López 2011), a ser un proceso automatizado.

Estableciéndose un número máximo 40.000 puntos por fotografía cargada en el sistema (por lo que limitamos el total de puntos del proyecto a 1.600.000). Las nubes de puntos obtenidas han sido:

photo 1: 33829 points	photo 11: 33080 points	photo 21: 34084 points	photo 31: 35226 points
photo 2: 36446 points	photo 12: 32401 points	photo 22: 33118 points	photo 32: 36190 points
photo 3: 35600 points	photo 13: 34836 points	photo 23: 34268 points	photo 33: 35822 points
photo 4: 35088 points	photo 14: 32345 points	photo 24: 35569 points	photo 34: 31159 points
photo 5: 35528 points	photo 15: 35449 points	photo 25: 35388 points	photo 35: 30531 points
photo 6: 36686 points	photo 16: 36001 points	photo 26: 33927 points	photo 36: 31152 points
photo 7: 35856 points	photo 17: 34994 points	photo 27: 35021 points	photo 37: 31367 points
photo 8: 33322 points	photo 18: 35645 points	photo 28: 34176 points	photo 38: 30430 points
photo 9: 33396 points	photo 19: 35410 points	photo 29: 32562 points	photo 39: 31764 points
photo 10: 32956 points	photo 20: 35521 points	photo 30: 34074 points	photo 40: 32073 points
TOTAL: 1.362.290 points⁶²			

3. Construcción del modelo 3D.

En este proceso se ha construido la geometría del modelo 3D. Es un proceso de cálculo intenso y que requiere un gran consumo de recursos por parte de nuestro equipo informático⁶³, siendo en algunos casos imposible de realizar y requiriendo una división del proyecto para llevarla a cabo. Una vez ejecutados los algoritmos con la ayuda del software Photoscan obtuvimos la nube de puntos (Figura 7), para continuar con trabajos de optimización de dicha nube.

Finalmente, se obtuvieron las superficies por triangulación, existiendo un total 200.000 caras y 99.981 vértices.

⁶² Este total de puntos es la suma de todas las nubes de puntos obtenidas por cada foto.

⁶³ Vuelve a aparecer el factor de los recursos disponibles para la realización de los trabajos que como mencionamos líneas arriba es un factor muy importante en este tipo de trabajos.

4. Texturización del modelo.

Una vez ha sido generado el modelo tridimensional del objeto restituído y su triangulación para la creación de superficies podemos visualizar su geometría desde cualquier punto. Pero, como ya mencionamos para el caso del escaneado óptico, en este tipo de trabajos es esencial disponer de la información de las texturas. Para la mejor aproximación del modelo digitalizado al real, el software nos permite agregar a cada superficie una imagen rectificadas. Esta imagen rectificadas es tomada de las fotografías importadas al sistema al inicio del proceso.

5. Resultados obtenidos mediante fotogrametría estereoscópica.

Finalmente se ha obtenido el modelo 3D digitalizado del capitel (Figura 8). Es de importancia destacar las características métricas del modelo, que nos permiten realizar análisis y mediciones sobre él con precisiones milimétricas. Para la obtención de este resultado, al igual que en el caso de escaneado, ha sido dividido el proceso en trabajo de campo y gabinete. De nuevo, la calidad de la toma de datos fue un aspecto crucial para el post-proceso de estos y la calidad del modelo final. Además, los recursos informáticos y de equipo fotográfico no son de tan vital importancia en comparación con los requeridos en los procesos de escaneados ópticos.



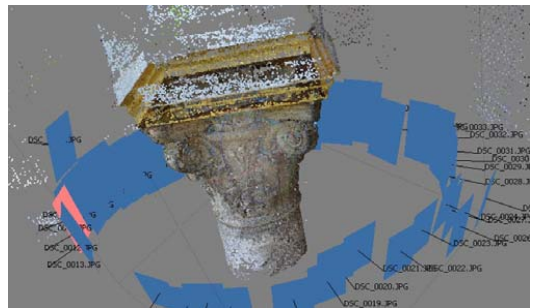
COMPARACIÓN DE MÉTODOS.

Comenzando por el análisis del equipo necesario para cada uno de los métodos, debemos señalar la gran diferencia en cuanto a inversión para la adquisición del equipo se refiere. Mientras que para el método fotogramétrico basta con una cámara fotográfica convencional (que deberá ser calibrada) más el software necesario (actualmente por debajo de los 3.000 €), para realizar el escaneado óptico es necesario la adquisición de un escáner de este tipo (aprox. 15.000 €, incluyendo software). En cuanto a los requerimientos del equipo informático en ambos casos es elevado, en el presente proyecto se ha empleado un equipo de las siguientes características: procesador de 4 núcleos, gráfica de 2 Gb y memoria RAM de 6 Gb (encontrándonos con algunos problemas para el escaneado solucionados con la división del trabajo).

Continuando con la visita allí donde se encuentra el capitel, debimos cerciorarnos de la existencia de toma eléctrica para el caso del escaneado. Además del escáner, fue necesario el transporte del equipo informático hasta el lugar. Sin embargo, el método fotogramétrico se basó en el transporte de la cámara fotográfica (y trípode).

En los alrededores del capitel no existía ningún obstáculo que nos dificultase la captura de datos, aunque como hemos señalado anteriormente el rango de trabajo del escáner óptico se limita a unas distancias de entre 0,40 m y 1 m para elementos de estas dimensiones, mientras que con las cámaras fotográficas estos rangos pueden verse ampliados.

Por otro lado, el manejo del software hoy en día es relativamente sencillo en ambos casos de estudio, ya que hoy en día las actualizaciones de estos programas tienden hacia la automatización de los procesos. Requiriendo un mayor conocimiento el manejo del escáner óptico y su movimiento alrededor del objeto a escanear.



Durante la fase de post-proceso de datos, el tiempo empleado en cada método varió de forma significativa, siendo el tiempo empleado en el método de escaneo óptico mayor que en el fotogramétrico. Esto se debió en gran medida a la necesidad de dividir el trabajo (algo que posteriormente debía volver a unificarse) y un mayor procesado de las nubes de puntos.



CONCLUSIONES.

Mediante los dos métodos (escaneado óptico y fotogrametría estereoscópica) ha sido obtenido el objetivo final:

- La obtención de un modelo 3D.
- Con la calidad suficiente.
- Que pudiera ser una herramienta de trabajo para aquellos arqueólogos, historiadores, arquitectos, y público en general.
- Que permitiese el análisis profundo de la geometría y las texturas del mismo.

No es interés del presente proyecto decantarse por uno de los métodos, ya que ambos han demostrado su validez de forma notable, cada uno con sus ventajas e inconvenientes. Mientras que el método fotogramétrico se puede realizar con unos recursos asequibles o más económicos, el método de escaneado nos permite obtener nubes de puntos en tiempo real (que nos permite un mayor control de la calidad del trabajo desde el inicio). De igual modo, el escáner requiere unas herramientas auxiliares desde la toma de datos que para la fotogrametría son menos importantes. El manejo del software en ambos métodos es bastante automatizado (más en el método fotogramétrico), siendo necesario un gran control sobre los aspectos de toma de datos (equipo fotográfico y escáner óptico). El estudio de tiempos revela que para este proyecto ha sido necesaria una mayor inversión en el método de escaneado óptico.

Por ello, cada trabajo requerirá un estudio de estos parámetros para una correcta elección de la tecnología a emplear, de forma que esta se adapte a los resultados deseados.

Por último, la obtención de estos modelos también facilita la puesta en valor de nuestro legado patrimonial por diversas vías, hecho que debemos aprovechar en aras de difundir el rico patrimonio cultural que poseemos.

Referencias bibliográficas

Agisoft, 2011. Agisoft PhotoScan User Manual. , p.39.

Al-kheder, S., Al-shawabkeh, Y. & Haala, N., 2009. Developing a documentation system for desert palaces in Jordan using 3D laser scanning and digital photogrammetry. *Journal of Archaeological Science*, 36(2), pp.537-546. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0305440308002513> [Accessed March 10, 2012].

Almagro, A., 2011. Veintidós años de experiencia de fotogrametría arquitectónica en la Escuela de Estudios Árabes. CSIC. *Ministerio de Cultura*, pp.26-45.

Astorqui, J.S.C., 2003. La fotogrametría digital en el levantamiento de planos de edificios. *Informes de la Construcción*, 55, pp.31-40. Available at: <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewArticle/539> [Accessed June 7, 2012].

Barrera Vera, J.A., 2006. *Aplicación de tecnologías innovadoras en la documentación geométrica del Patrimonio Arquitectónico y Arqueológico*. Universidad de Sevilla.

Bermúdez Cano, J.M., 2004. Capiteles Precalifales en el Palacio Múdejar del Rey Don Pedro: tipos, talleres y reemplazo. *Romula*, 3, pp.257-284.

Biosca Taronger, J.M., Navarro Tarín, S. & Lerma García, J.L., Modelado tridimensional de una bóveda barroca mediante la combinación de láser escáner y de fotogrametría terrestre. *jllerma.webs.upv.es*. Available at: <http://jllerma.webs.upv.es/pap021.pdf> [Accessed June 7, 2012].

Buill, F., Núñez, M.A. & Rodríguez, J.J., 2007. *Fotogrametría Arquitectónica*. UPC. B. Digital, ed., Barcelona.

Cueli López, J.T., 2011. *Fotogrametría práctica :tutorial photomodeler* Tantin, ed., Santander.

Herráez Boquera, J. et al., 2012. Aplicaciones del Láser Scanner a la ingeniería civil. , (1), p.38.

Herráez Boquera, José & Navarro Esteve, P., 1997. Calibración de una cámara fotográfica convencional y su aplicación fotogramétrica en documentación de Patrimonio. *Topografía y cartografía: Revista del Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía*, 14(79), pp.38-44. Available at: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=257156> [Accessed June 9, 2012].

- Lerma, J.L., Navarro, S., Cabrelles, M., Seguí, A.E., et al., 2010. Integration of Laser Scanning and Imagery for Photorealistic 3D Architectural Documentation.
- Lerma, J.L., Navarro, S., Cabrelles, M. & Villaverde, V., 2010. Terrestrial laser scanning and close range photogrammetry for 3D archaeological documentation: the Upper Palaeolithic Cave of Parpalló as a case study. *Journal of Archaeological Science*, 37(3), pp.499-507. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0305440309003781> [Accessed March 10, 2012].
- Remondino, F., El-Hakim et al., 2009. 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures - The "3D-ARCH" Project. *NRC Publications Archive (NPARC) Archives des publications du CNRC (NPARC)*.



VALENCIA

Gaspar MUÑOZ COSME
Marta MESTRE SABATER
Andrea PEIRÓ VITORIA
Mireia PEREPÉREZ ESPÍ
Beatriz MARTÍN DOMÍNGUEZ
Nuria MATARREDONA DESANTES

Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio
Universidad Politécnica de Valencia

ABSTRACT

Within the tasks performed by the research project **Patrimonio en Riesgo**, whose aim is to analyse the urban and architectural realities of Cabanyal neighbourhood of Valencia with the purpose of fostering its urban restoration, we determined the areas with suitable features for further restoration interventions in their most notable buildings, in which we included the *Marina Auxiliante* old fishermen's association's group of buildings, with high heritage values but at risk of disappearing.

Under these circumstances we decided to carry out a detailed study to highlight its value. In order to do this, we proposed an accurate survey. Our ultimate aim was a thorough illustration of the buildings state, this would allow the documentation and analysis of their real conditions.

In this communication we show the surveying methodology followed and the results we obtained in this methodological process we used the 3D laser scanning technology and photographic rectification techniques.

INTRODUCCIÓN

El estudio realizado en el proyecto **Patrimonio en Riesgo del Cabanyal** tiene como objetivo analizar la realidad actual urbana y arquitectónica del barrio del Cabanyal, así como profundizar en la historia reciente y en el conocimiento de aquellos edificios singulares que constituyen una herencia cultural de gran interés, expresión e identidad de nuestra ciudad.

A través de la investigación de la evolución histórica, la organización de sus sociedades pesqueras y el proceso de asentamiento de sus propiedades y edificios en la zona de los Poblados Marítimos de Valencia, tratamos de comprender las transformaciones de este barrio. Asimismo, se pretende poner en valor un patrimonio arquitectónico muy rico, con un gran valor histórico y que ha condicionado, en gran medida, el desarrollo urbano del barrio.

Este trabajo se acomete siendo conscientes de afrontar una de las realidades urbanas que ha motivado un mayor número de estudios en los últimos años en el ámbito de la ciudad de Valencia. Pues la situación urbana y arquitectónica actual del Cabanyal ha sido generada y alterada, en parte, por las múltiples vicisitudes que ha sufrido en la última década. Es por ello que el barrio simboliza también para los habitantes una zona de lucha e historia porque ha sido a menudo objeto de proyectos urbanísticos que vaticinaban su destrucción.

El origen de esta situación fue la planificación de la prolongación de la Avenida Blasco Ibáñez a través del Plan Especial de Protección y Reforma Interior (PEPRI), que propuso y aprobó el Ayuntamiento de Valencia en el año 2001 y que preveía la destrucción de la trama urbana del Cabanyal-Canyamelar para dejar paso a la prolongación de la actual avenida. Precisamente esta trama urbana y las edificaciones que sobre ella se estructuran fueron declaradas Bien Interés Cultural, por Decreto 57/1993, de 3 de mayo, del Gobierno Valenciano. Desde entonces se abre una polémica judicial que todavía no parece tener un final definitivo.

Aun así, existe un deseo de supervivencia del barrio por parte de ciertos colectivos y el empeño de alcanzar un planteamiento integrado respetuoso con el entorno marinero y con las formas de vida propias del poblado marítimo que preserve estas características peculiares de la traza urbana reticular, proteja sus singularidades y conserve sus riquezas.

La lucha por la conservación del patrimonio está presente, pues la destrucción de estos edificios singulares supondría la pérdida de identidad de naturaleza muy propia y la desaparición de parte del patrimonio construido con valor simbólico, histórico, social, de autenticidad y funcional.

La mayoría de edificaciones y monumentos del Cabanyal sufren un extremo estado de falta de mantenimiento y restauración que, con el paso de las décadas, ha afectado de manera dramática a lo que podría ser lo último que veamos de estas edificaciones.

La arquitectura popular que conforma la trama del Cabanyal es espontánea y llena de motivos imaginativos inéditos y con una cierta dosis de ingenuidad. Sus acabados exteriores están basados en el estuco y el azulejo, que utilizados aisladamente o de forma integrada, configuran el personal aspecto del Cabanyal. No obstante hay algunos conjuntos de edificios de una arquitectura formal y más elaborada, como es el caso del patrimonio de las históricas cofradías de pescadores, la *Marina Auxiliante* y más tarde el *Progreso Pescador*. Cada una de estas sociedades construyó las instalaciones necesarias para facilitar el trabajo de sus socios, generando así un patrimonio arquitectónico notorio vinculado al mundo de la pesca.

Tras realizar el estudio histórico previo y un exhaustivo análisis de la realidad arquitectónica del barrio, se localizaron las zonas que presentaban unas características adecuadas para posibles intervenciones de rehabilitación sobre sus edificaciones más notables. En una de estas zonas se incluía el conjunto de edificios patrimonio de la antigua cofradía de pescadores de la *Marina Auxiliante*. Desde un primer momento, se marcó, como uno de los principales cometidos del proyecto, el realizar un estudio pormenorizado de este conjunto formado por la Lonja de Pescadores, Fábrica de Hielo, Casa *dels Bous* y la zona aneja de Teñidores.

La elección de este conjunto vino determinada tanto por la calidad arquitectónica de los espacios disponibles en los edificios que la componen como por su valor patrimonial, así como por ser testigo de la historia pesquera de este barrio. La elevada potencialidad de estos contenedores arquitectónicos para albergar nuevos usos culturales, resultó determinante para la toma de esta decisión, además de que, lamentablemente, se encuentran en serio riesgo de desaparición.

Dichas construcciones presentan distintos grados de deterioro como consecuencia de los usos impropios a los que han sido destinados a lo largo de su historia, además del envejecimiento y la erosión producida por el agresivo ambiente marino al que están sometidos. El actual estado de abandono ha agravado en los últimos años la situación. No obstante, la principal amenaza en estos momentos es que en la planificación de la prolongación de la Avenida Blasco Ibáñez quedan fuera de ordenación la antigua Lonja de Pescadores y la Fábrica del Hielo, por lo que si se ejecutara este planeamiento estos dos edificios serían demolidos.

En la actualidad podemos comprobar la enorme presencia que tiene en los Poblados Marítimos este patrimonio arquitectónico que, a pesar de haber perdido su uso original y encontrarse en un mal estado de conservación, supone un valioso conjunto de inmuebles con muchas posibilidades de reutilización.

La Lonja de Pescadores, construida en 1909 por el arquitecto Juan Bautista Gosálvez, es una construcción con grandes naves destinadas al almacenaje, limpieza y venta del producto de la pesca. Para el Cabanyal es un emblemático e imponente edificio de singular tipología arquitectónica, que configura una de las manzanas típicas del tejido urbano del barrio. Situada a escasos metros del mar y con el lado de mayor longitud paralelo a éste, la manzana tiene 25 m de ancho por 100 m de largo. Se ordena según dos ejes centrales que se cruzan perpendicularmente y en cuyos extremos se disponen los accesos al espacio central común. El edificio está constituido por tres crujías con cubiertas a dos aguas. El espacio central es una nave más elevada de 9 m de anchura y una superficie de unos 900m², estaba reservada a tareas comerciales propias de una lonja del pescado.

Los antiguos almacenes de la Lonja, utilizados como viviendas tras la Guerra Civil, siguen usándose como tal. Muchas de las viviendas se encuentran abandonadas, y algunas de ellas han sufrido importantes modificaciones. El espacio central, de gran interés arquitectónico, se encuentra invadido por divisiones informales e ilegales, que delimitan algunas áreas privativas que se emplean como patios traseros de las viviendas. El edificio presenta una apariencia de cierto abandono y falta de conservación.

La Casa *dels Bous* servía para albergar a los bueyes encargados de meter y sacar las barcas pesqueras del mar, que eran necesarios para la pesca *del bou* –sistema de pesca de arrastre–. La actual casa costó casi veinte años de levantar por problemas económicos y se inauguró en 1895. Situada en la parte de la calle Eugenia Viñes, dispone de un corral vallado donde se permitía sacar los bueyes a tomar el sol. Es un edificio de construcción austera y composición simétrica de fachadas. En el año 1928 dejó de funcionar como tal y, posteriormente, se reformó compartimentando la planta baja, para que pudiera funcionar como almacén y cooperativa de la Cofradía. En los últimos veinte años fue alquilada a una empresa dedicada a la construcción de maquinaria industrial (Talleres Sándol S.L.), junto con dos de las naves de la Fábrica del Hielo.

Los Teñidores de la sociedad de la *Marina Auxiliante* ocupaban un conjunto de casetas, junto a la Casa *dels Bous*, entre las calles de Eugenia Viñes y Astilleros. Originalmente había treinta y siete casetas y, al centro, una calle con tres pozos cuadrados para tomar el agua. Allí, cada armador tenía su propia caseta, que contaba con una única estancia, donde había un horno de leña, sobre el cual se instalaba una caldera de cobre para hervir la corteza de pino triturada, y una balsa hecha en el suelo, donde se decantaba el líquido, ya de color marrón, para sumergir en él las redes. Eran instalaciones para teñir y darles mayor resistencia a las redes de cáñamo.



Actualmente, tan sólo quedan las huellas de las cimentaciones de las casetas, el pavimento de adoquines de rodado de la calle central con los pozos, el muro que limita con el patio de la Casa dels Bous y la fachada que da a la calle Eugenia Viñes, cuya puerta principal está tapiada.

La Fábrica del Hielo, construida por la Marina Auxiliante en 1925, constaba de dos naves cerradas ubicadas en la calle Pescadores, de 29m de longitud por 13 m de anchura, con una nave central, abierta, de 10m de anchura. Se trata de una construcción austera de ladrillo cara vista. En ella se fabricaba y almacenaba el hielo en cámaras frigoríficas para mantener fresco el pescado.

Actualmente, la nave que da a la calle Eugenia Viñes, se conserva en el estado original, independizada del resto del edificio y con muy pocos cambios. Su estado actual es precario debido al estado de abandono y la falta de conservación.

La otra nave, la más cercana al mar, y el patio central, ha sufrido varias transformaciones motivadas por el uso que se le dio durante el tiempo que fueron alquiladas a la empresa de construcciones mecánicas, Talleres Sándol S.L.⁶⁴

OBJETIVOS

El objetivo final era realizar un estudio pormenorizado del conjunto de edificios de la Marina Auxiliante con el fin de documentar, analizar y poner en valor este valioso conjunto del patrimonio arquitectónico valenciano.

Se hará especial hincapié en exponer la metodología de levantamiento arquitectónico seguida, intentando razonar los motivos que han conducido a seleccionar estas técnicas en concreto y no otras.

Los trabajos necesarios para la puesta en valor del patrimonio arquitectónico requieren un conocimiento minucioso de la realidad construida. Para ello es preciso conocer los sistemas de representación, métodos y herramientas necesarias para la realización de un correcto levantamiento arquitectónico.⁶⁵

El levantamiento es una herramienta básica para estudiar y analizar los objetos arquitectónicos. Es un hecho que para el arquitecto es necesario dibujar la arquitectura que se desea conocer.

Según Mario Docci: *"El levantamiento arquitectónico es un medio de conocimiento tremendamente eficaz, un insustituible instrumento de investigación que tiene por objetivo primordial el ofrecer una documentación excelente, indiscutible, receptiva a todas las instancias, reflejos psicológicos y recuerdos que la obra arquitectónica pueda sugerir"*.⁶⁶

Hasta hace apenas diez años la toma de datos en el levantamiento arquitectónico se realizaba a mano, midiendo con cinta y ayudándose de pértigas y plomadas. La fotogrametría o el escaneado permanecían rodeados de un halo de misterio y fascinación y se empleaban en casos muy singulares, dando calidad y prestigio a un levantamiento.

Es evidente que la situación ha cambiado y así se reconoce en el documento que sintetiza la "Carta del levantamiento arquitectónico", aprobada en el Congreso EGA de Barcelona, donde se recomienda conocer y tener en cuenta las peculiaridades de cada método de levantamiento actual.⁶⁷

El nivel de detalle del levantamiento arquitectónico está condicionado por el objetivo final de los dibujos. En nuestro caso, está motivado por una doble intención.

Por un lado, documentar esta valiosa muestra del patrimonio arquitectónico valenciano, elaborar un registro documental que dejara constancia histórica de las notables condiciones espaciales y constructivas de los edificios y posibilitara la lectura de los mismos para futuras generaciones.

Por otro lado, se perseguía el conocimiento profundo de los edificios dirigido a una posible futura intervención. Un levantamiento destinado a proyectar la restauración y reutilización de los edificios existentes y, por lo tanto, dirigido hacia el conocimiento realista de la arquitectura. Así, los dibujos debían representar no solo la geometría y dimensión de los espacios, sino que también era preciso que mostraran sus peculiaridades e irregularidades, además del estado actual real de sus fábricas y ornatos.

En palabras de Docci: *"El conocimiento profundo de un organismo arquitectónico se convierte en la guía para todas las intervenciones de restauración y de conservación que quieran llevarse a cabo con rigor. Es sabido que*

⁶⁴ Muñoz et. al. 2012, pp. 52-67

⁶⁵ Mora et. al. 2010

⁶⁶ Docci 2002, p.100

⁶⁷ Alonso 2008

sólo quien conoce profundamente una obra está en condición de recorrer el proceso histórico de la fábrica, desde su ideación inicial hasta las transformaciones que sea han sucedido en el transcurso de los siglos, para llegar finalmente a su estado actual".⁶⁸

Este empeño por representar fielmente aquellos elementos y detalles que determinan el estado de la arquitectura fue clave para decidir la metodología de levantamiento a seguir, así como las herramientas necesarias para medir y dibujar la arquitectura.

CONTENIDO

Se reflexionó sobre las distintas técnicas de levantamiento, desde la más tradicional –de forma manual–, a las más recientes –como son la medición con escáner láser o las nuevas técnicas de fotogrametría correlada–, siempre con la certeza de que no se buscaba una idealización del edificio sino la fiel representación de la realidad.

El levantamiento directo tradicional es siempre necesario, ya que implica un intenso contacto con los edificios que posibilita un nivel de conocimiento de la arquitectura imposible de conseguir con otras técnicas. Dibujar un edificio es el mejor modo de asimilar sus virtudes arquitectónicas.

No obstante, esta técnica presenta importantes limitaciones, ya que el dibujo de croquis a mano alzada y la toma de medidas directa siempre implican una idealización geométrica de la arquitectura, que en nuestro caso no era suficiente.

Obtener un levantamiento con un grado aceptable de precisión, teniendo en cuenta la considerable magnitud de las edificaciones a estudiar, habría supuesto una dedicación excesiva al trabajo de campo, una tarea prácticamente inviable si se tiene en cuenta que todas las edificaciones muestran importantes irregularidades en los aparejos, así como desplomes y flechas que consideramos imprescindible registrar. Aun así la principal limitación de este sistema es lo dificultoso que resulta obtener información precisa de las zonas de difícil acceso. Habría sido necesario disponer de andamios u otros medios auxiliares para la toma de datos de techos, elementos de cubierta o cornisas.

Por lo tanto, con la intención de salvar estas limitaciones, se optó por realizar un levantamiento digital mediante escáner láser, que proporcionaría una representación del conjunto de los edificios con una precisión milimétrica en cuanto a dimensiones y posición, registrando las posibles irregularidades y deformaciones (Fig 1).

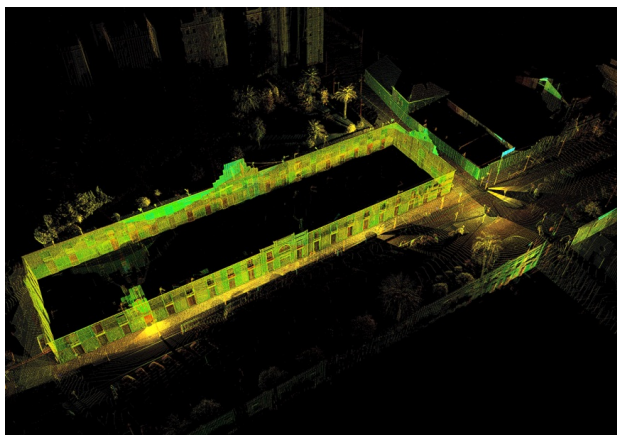


Fig 1. Resultado del proceso de escaneado láser en 3D de la zona de estudio. 2012. Fuente: Equipo de escaneado láser formado por Pablo Navarro Esteve y Marta Navarro Camallonga

Se valoró la posibilidad de realizar un levantamiento mediante técnicas de restitución fotogramétrica, sin embargo, debido a la gran magnitud de los edificios a estudiar, la aplicación de la tecnología láser se presentaba como la mejor alternativa para cubrir las expectativas de rapidez y precisión en el proceso toma de datos en campo. De esta forma se pretendía lograr el desarrollo de una base de datos fidedigna que nos permitiera ya sea conservar en memoria digital este legado o bien tener las herramientas de información necesarias para la restauración o inclusive reconstrucción del patrimonio⁶⁹.

⁶⁸ Docci 2002, p.100

⁶⁹ Roca & Marambio 2006



La etapa de trabajo de gabinete comenzaba por determinar los cortes y proyecciones necesarias para definir los edificios en su totalidad. Tras la toma de datos con el escáner láser, contábamos con un modelo digital tridimensional de los edificios, formado por millones de puntos, pero nos interesaba obtener un levantamiento arquitectónico mediante dibujo vectorial en CAD, formato más extendido entre los profesionales en la materia, y, por lo tanto, de más fácil difusión, que nos permitiría cuantificar superficies, además de constituir el soporte sobre el cual definir el futuro proyecto de intervención. Por lo que se solicitaron al equipo de escaneado los cortes previamente definidos, que nos facilitaron en formato de imagen JPEG. Estas imágenes nos sirvieron de base sobre las cuales dibujar la planimetría en CAD (Fig 3).

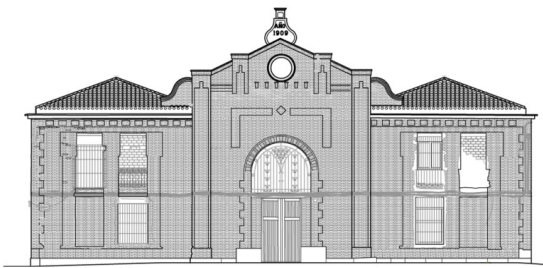
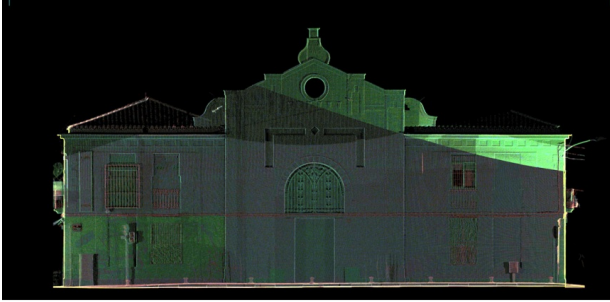


Fig 3. Proceso de levantamiento arquitectónico de la fachada norte de la Lonja de pescadores, de la imagen extraída de 'la nube de puntos' al dibujo vectorial en CAD, pasando por la rectificación fotográfica. 2012. Fuente: elaboración propia.

Para la representación de las fachadas, además del dibujo de línea, se utilizó la rectificación fotográfica. Proceso que se realizó mediante el programa informático ASRix. Se utilizaron las proyecciones paralelas a las fachadas del modelo digital generado mediante el escáner láser, como base para medir las dimensiones reales a partir de las cuales realizar la rectificación fotográfica. Proceso a través del cual el fotograma original se transforma en uno equivalente que coincide con la proyección ortogonal del modelo real, reproduciendo fielmente la geometría y proporciones de todos aquellos elementos comprendidos en el plano de proyección (Fig 4).



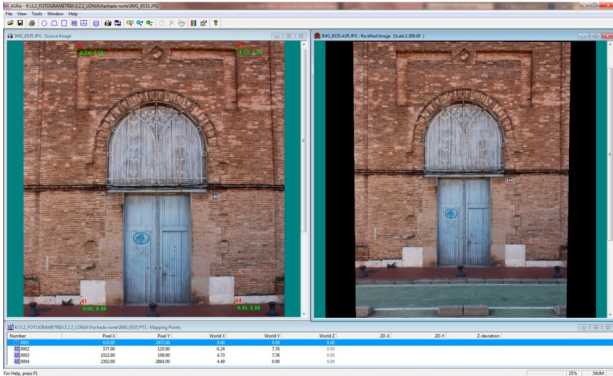


Fig 4. Proceso de rectificación de una fotografía con el programa informático ASRIX. 2012. Fuente: elaboración propia.

Como resultado se obtuvo una serie de fotografías rectificadas que fueron empalmadas, posteriormente, en el software Adobe Photoshop, obteniendo una representación fotográfica, ortogonal y a escala de cada una de las fachadas, usualmente conocida como fotoplano.

Precisamente, una de las mayores virtudes de la rectificación fotográfica es que permite obtener una documentación gráfica que contiene toda la información que aporta una fotografía, con la ventaja de ser medible.

Cabe mencionar que no se eliminaron de los fotoplanos aquellas partes que quedan fuera del plano de proyección, como los balcones o cornisas, a pesar de no estar a escala, debido a su interés. Se podría haber rectificado cada uno de los planos que componen las fachadas, de manera que todos los elementos que aparecieran en el fotoplano final se correspondieran con su proyección ortogonal, pero habría conllevado un tiempo excesivo, sin aportar una información relevante.

740

Como resultado se obtuvo una representación gráfica de las fachadas con una técnica mixta, combinando el dibujo de línea con el fotoplano, que se utilizó como soporte sobre el que realizar una segunda fase de toma de datos, la toma de las patologías y elementos impropios presentes en las fachadas. Para esta segunda fase de campo se ha contado con un equipo especializado de restauradores.

Se ha verificado la utilidad de emplear este soporte mixto, ya que la fotografía aporta una serie de datos que, en muchos casos, facilita la anotación de las observaciones realizadas a cerca de colores, texturas, manchas, pérdidas de material u otros tipos de patologías que habrían sido mucho más difíciles de reflejar con un dibujo.

Ha resultado muy útil el análisis *in situ* después de haber dibujado los edificios, ya que el dibujo proporciona un nivel de conocimiento de la arquitectura que permite fijar la atención en algunos detalles que habrían pasado desapercibidos si no se hubiera realizado previamente.

A pesar de que toda la información ya estaba contenida en los fotoplanos, el contacto directo con los edificios ha sido imprescindible, ya que la observación directa permite identificar con mucha más exactitud que en una fotografía elementos como el tipo de degradación con el que nos enfrentamos o el origen de una grieta. En este sentido ha sido muy interesante la localización de las huellas que presentan los muros, reflejo de las distintas intervenciones que han sufrido los edificios a lo largo de su historia.

Finalizada esta segunda fase de toma de datos se procedió al dibujo vectorial en CAD de los distintos tipos de patologías y elementos impropios localizados, para el que se utilizó como base los fotoplanos de las fachadas. Se ha confirmado la utilidad de este sistema puesto que ha posibilitado cuantificar de forma precisa, mediante superficies, patologías como humedades, manchas de color o pérdidas de material. Hecho que resulta especialmente útil para valorar el alcance de una posible intervención en términos métricos y, por lo tanto, para la definición del presupuesto necesario (Fig 5).



Fig 5. Metodología de representación de las patologías existentes en la fachada oeste de la Fábrica del Hielo. 2012. Fuente: elaboración propia

Se ha utilizado el mismo sistema para el dibujo detallado del aparejo de la Lonja de Pescadores y de la Fábrica del Hielo, lo que ha permitido su estudio en profundidad, evidenciando las irregularidades y peculiaridades en sus fábricas (Fig 6).

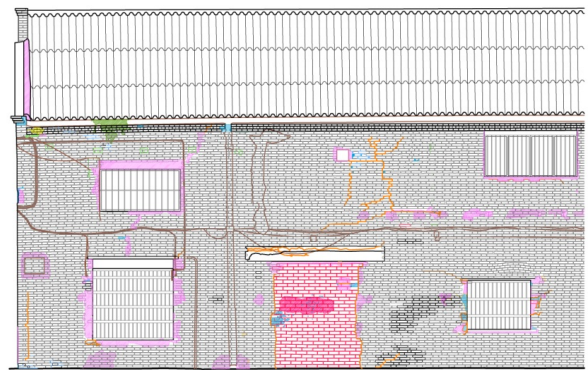


Fig 6. Detalle de la fachada este de la Fábrica del Hielo. Muestra de materialidades y representación de patologías. 2012. Fuente: elaboración propia



CONCLUSIONES

La experiencia del levantamiento arquitectónico de los antiguos edificios de la Marina Auxiliante ha sido enriquecedora en el aspecto de poder hacer ensayos con los diferentes sistemas disponibles e ir adecuando y combinando las herramientas para obtener el resultado más idóneo en función del objeto arquitectónico que se estudiaba. Las nuevas tecnologías aportan unas grandes posibilidades que sabiamente combinadas con los sistemas tradicionales pueden proporcionar metodologías actualizadas de alta eficiencia.

Así el escáner láser permite realizar una gran adquisición de datos en un breve período de tiempo. La metodología adoptada aprovecha esta ventaja y optimiza de manera significativa la toma de datos en estos edificios de gran envergadura. El levantamiento con la aplicación de esta nueva tecnología permite conservar en memoria digital este legado y posibilitará la entrega de información necesaria para su futura intervención de conservación o restauración. Pero ha resultado imprescindible combinar este tipo de toma de datos avanzado con el relativo a la restitución fotográfica y el método tradicional, de forma que se complementen y en su conjunto se pueda ofrecer un producto final mucho más elaborado y enriquecido, con una alta fiabilidad de sus datos.

El resultado final obtenido es una completa descripción gráfica de estos edificios en sus aspectos más fundamentales, con una profundización de información que muchas veces queda latente para posibles desarrollos posteriores y que, en otras, se enfatiza para mostrar más claramente la realidad y los valores arquitectónicos de este importante patrimonio arquitectónico de El Cabanyal.

Referencias bibliográficas

- Alonso Rodríguez, M.A. 2008, 'Sobre la medición instrumental en el levantamiento arquitectónico', *XII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*, Madrid.
- Barrera, J.A., Hernández, D. & Herráez, J. 2011. 'Nuevas tecnologías en levantamientos aplicadas a la arqueología y restauración: la muralla almohade de Sevilla'. *XXII Congreso de Ingeniería Gráfica INGEGRAF*. Padua.
- Barrera, J.A., Aguilar, J. 2010 'La perspectiva inalcanzable. Más allá del levantamiento gráfico'. *XII Congreso Internacional de Expresión gráfica Arquitectónica*. Valencia.
- Buill, F. Núñez, M.A. & Rodríguez, J.J., 2008, *Fotogrametría arquitectónica*, Edicions UPC, Barcelona.
- Docci, M. 2002, 'El levantamiento del Amphitheatrum Flavium: nuevos conocimientos para la restauración', *Patrimonio arquitectónico: Estudios previos, Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica*, Editorial de la UPV, Valencia, pp. 99-112.
- Lodeiro Pérez, JM. 2010, 'La rectificación fotográfica en el Instituto del Patrimonio Cultural de España', *Revista Patrimonio Cultural de España*, nº 3, pp. 241-259.
- Marambio, A. & García, P. 2006, 'Escáner láser: Modelo 3D y orto imágenes arquitectónicas de la Iglesia de Santa Maria del Mar en Barcelona', *ACE. Architecture, City and Environment*, Vol.1, nº 2, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, pp. 178-187.
- Mora, R.T., Céspedes, M.F., & Louis, M. 2010, 'Fotogrametría y nube de puntos aplicado en la documentación del Patrimonio construido. El caso de la Torre de la Calahorra en Elche', *X Congreso Internacional Expresión Gráfica Arquitectónica aplicada a la Edificación. APEGA 2010*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Muñoz Cosme, G., Lara Ortega, S., Mestre Sabater, M., Peiró Vitoria, A. & Perepérez Espí, M. 2012, 'Asentamiento histórico de las cofradías de pescadores en el Cabanyal (Valencia)', *Actas del II Congreso de Permanencia y Transformación en conjuntos históricos*, Editorial Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, pp. 52-67.
- Navarro Esteve, P. 1993, 'Notas sobre fotogrametría arquitectónica: Levantamiento de la Capilla de los reyes en el convento de Santo Domingo', *EGA: revista de expresión gráfica*, nº1, pp. 76-78.
- Roca, J. & Marambio, A. 2006, 'Modelos digitales de Nubes de puntos de La Habana Vieja, Cuba'. *Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual (3º, 2006, Bilbao, España)*, Centro de Política de Suelo y Valoraciones, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, pp: 1-7.
- Sanchís Pallarés, A. 1998, *Historia del Cabanyal: siglo XX y el incierto futuro*, Javier Boronat, Valencia.
- Vegas, F. & Mileto, C. 2011, *Aprendiendo a restaurar*, Colegio Oficial de Arquitectos de la Comunidad Valenciana, Valencia.
- Vidal, F.J. 2002, 'Dibujo de levantamiento: modos de levantamiento y sistemas de medición', *Patrimonio arquitectónico: Estudios previos, Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica*, Editorial de la UPV, Valencia, pp. 83-98.

LA INTEROPERABILIDAD DEL MODELO VIRTUAL DE INFORMACIÓN

Juan Enrique NIETO JULIÁN
David MARÍN GARCÍA
Fernando RICO DELGADO
Juan José MOYANO CAMPOS

Universidad de Sevilla
Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería en la Edificación

Abstract text

For a decade we have experienced with Graphisoft software generated virtual models of information, usually spread by the term BIM and its use in teaching as a strategy for surveying and mapping, establishing the fact edificatory perceptively to the best knowledge the student, but also, and most notably, the model is ready to be explored by other collaborative disciplines following preset protocols for efficient transmission of information.

Clearly, the work in any field is multidisciplinary, but you have to promote and strengthen interdisciplinarity is today, and now more than ever it is necessary for a tool to that workflow. The use of BIM applications, makes collaboration a necessity to be present at all stages in which the project is: study and previous analyzes in the next phase of design process, the subsequent implementation phase and, of course, in building maintenance. With proper tools in the design process to allow full transparency of the knowledge of each party involved, to which we add the transfer of the same, we will extend our view to a new interdisciplinary space. Therefore, for attaining an efficient interoperability must maintain a flow of information without slips.

Introducción

El IEEE⁷⁰ define interoperabilidad como la habilidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información. Si atendemos a la *Norma ISO 19101, 2002: Modelo de referencia*, esta propone como definición de interoperabilidad: "la capacidad de los sistemas o componentes de intercambiar información y de poder controlar el procesamiento cooperativo entre aplicaciones. Para ello se precisan: capacidades de localización de la información y las herramientas de proceso; entender y usar la información y las herramientas descubiertas; poder desarrollar entornos de proceso para uso comercial sin restricciones de la oferta única en el mercado; poder desarrollar infraestructuras de información y procesamiento para servir a los distintos tipos de mercado y promover un mercado libre de competencia entre los consumidores". Este intercambio de información puede ser analizado desde cabos diversos: la de los datos, la de los servicios, la de las organizaciones y la de las aplicaciones (Gordon 2003).

En estos últimos diez años, en el campo de la Información Geográfica, un gran número de investigadores están implementando aplicaciones informáticas orientadas al intercambio de datos y al encadenamiento de servicios (Manzo, et al. 2008). Son los llamados Sistemas SIG o GIS herramientas que permiten a los usuarios analizar la información espacial, editar datos, mapas, interactuando y presentando los resultados de todas estas operaciones (Goodchild, Egenhofer, Fegeas 1997).

Las aplicaciones SIG realizan una gestión de la información espacial, separándola y clasificándola en capas temáticas, permitiendo al profesional almacenar datos de manera muy rápida y cómoda. También posibilita relacionar la información existente a través de la topología de los objetos intervinientes generando otra nueva de manera satisfactoria.

Pero en el campo de la edificación, con el actual ámbito de "eficiencia" que nos envuelve y nos atomiza, y sus variados adjetivos: energética, productiva,..., económica, es imperioso la reciprocidad de una información cada vez más especializada; no podríamos hablar de una edificación verdaderamente eficiente sin hacer uso de unas herramientas y/o equipos que pongan el término de interoperabilidad en el centro de toda la cadena de producción.

Una Interoperabilidad eficiente

Durante una década hemos experimentando con las nuevas aplicaciones de representación gráfica que generan modelos virtuales, generalmente difundidos con el término BIM⁷¹ y su utilización en la docencia como estrategia de levantamiento y análisis gráfico, estableciendo el hecho edificatorio de manera perceptiva para el mejor conocimiento por parte del alumno. Pero lo más destacable hoy es que además constituyen un potente núcleo de información, donde el modelo estará preparado para ser explorado por otras disciplinas colaborativas siguiendo unos protocolos preestablecidos para una transmisión eficiente de la información.

Es evidente que el trabajo en cualquier campo es multidisciplinar, pero lo que hay que promocionar y reforzar hoy es la interdisciplinarietà, y ahora más que nunca se hace necesario de una herramienta que permita ese flujo de trabajo. La utilización de las aplicaciones BIM, convierte a la colaboración en una necesidad, que

⁷⁰ Institute of Electrical and Electronics Engineers, en español Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización.

⁷¹ Building Information Modeling: Allplan de Nemetschek y Archicad de Graphisoft.



estará presente en todas las fases en las que se encuentre el proyecto: estudio y análisis previos, en la siguiente fase de proceso de diseño, en la posterior fase de ejecución y, como no, en el mantenimiento del edificio. Con unas herramientas adecuadas en el proceso de diseño que permita una total transparencia de los conocimientos entre las partes implicadas, a lo que le añadiremos la transferencia de los mismos, nos permitirá extender nuestra vista a un nuevo espacio interdisciplinar (Nieto 2010). Por tanto, para lograr una *interoperabilidad eficiente* se debe salvaguardar un flujo de información sin deslices.

Estructuración de la información generada en el modelo virtual

Se hace obligatorio de un programado y estructurado procedimiento de actuación desde el mismo momento que se germina la idea – boceto/croquis-. La estructuración de los trabajos se dividirá en diferentes fases, planteadas según el tipo de intervención y las características de la edificación, que se deberán encadenar una tras otra hasta la consumación de los objetivos planteados en el inicio. Esta etapa debe extrapolar la fase proyectual, para confeccionar un modelo con información estructurada que permita su gestión y su traslado a las diferentes disciplinas a intervenir, tanto en la redacción como en la ejecución, y que promoviese el trabajo interdisciplinar evitando interferencias e imprevisiones.

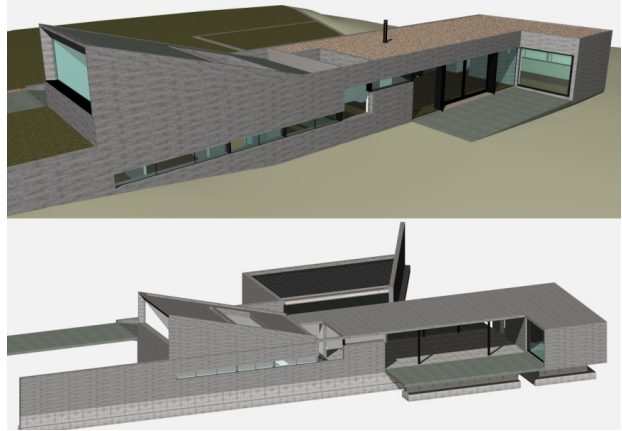


Fig 1. Maqueta de la Casa Bianna, completa y filtrada en fase estructural. 2011. Curso Interoperabilidad del Modelo Virtual (Building Information Modeling). Nivel II. Cfp. Universidad de Sevilla

El uso de archivos con proyecciones bidimensionales se hace insuficiente para que el trabajo fluya sin olvidos ni malas interpretaciones entre el proyectista y el ingeniero especialista. Pero tampoco hay que buscar una maqueta tridimensional con todo sus acabados y revestimientos, que puede estar muy bien para interpretar virtualmente el hecho arquitectónico y su entendimiento por parte del cliente, sino un modelo gráfico que permita un flujo de información esencial para cada disciplina participativa en función de sus prioridades técnicas. Así, puesto que la información esencial demandada por cada disciplina es diferente, ésta debe ser filtrada antes de su transmisión desde el diseñador.

El diseñador, sea arquitecto o ingeniero, está generando el modelo arquitectónico a la vez que construye virtualmente el edificio y necesita modelar toda la estructura, desde el núcleo estructural hasta el acabado final de toda unidad portante. Por ello, en el proceso de modelado tendremos que considerar el montaje progresivo de todos los elementos intervinientes según el ciclo lógico de una ejecución real de la obra. La elaboración de la maqueta virtual hay que estructurarla como un verdadero proceso constructivo, que iniciada en la base o cimentación se finalizará en la cumbre de la cubierta.



Fig 2. Maqueta virtual seccionada por planta de acceso. 2012. Curso Interoperabilidad. Cfp. Universidad de Sevilla

Aunque el modelo que se esté levantando represente cada sistema constructivo acabado – con revestimientos en pilares, forjados, y paramentos-, éstos son superfluos en el caso de exportar el modelo a un software de cálculo estructural; por ejemplo, el forjado representado con un espesor de 40 cm incluye solamente 27 cm con función estructural, mientras el resto lo son revestimientos: 10 cm de solería y 2 cm de yeso o placa de escayola.

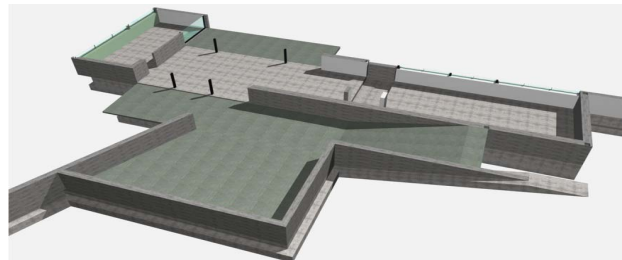


Fig 3. Maqueta estructural filtrada seccionada por la planta de acceso. 2012. Curso Interoperabilidad. Cfp. Universidad de Sevilla

Porque sólo definiendo al detalle todos los sistemas o elementos intervinientes se puede conseguir una construcción "eficiente".

Una de las mayores ventajas que nos proporciona el modelo BIM es que nos permite clasificar por categorías los elementos representados, y posteriormente gestionar la visualización de los mismos por un filtrado.

Esta colaboración entre diferentes disciplinas se ha estandarizado con el formato IFC⁷², que transmite la información gráfica visualizada en el modelo de información, pero puede ser insuficiente sino se sigue un protocolo de necesidades básicas y se consensua los requisitos específicos de cada componente.

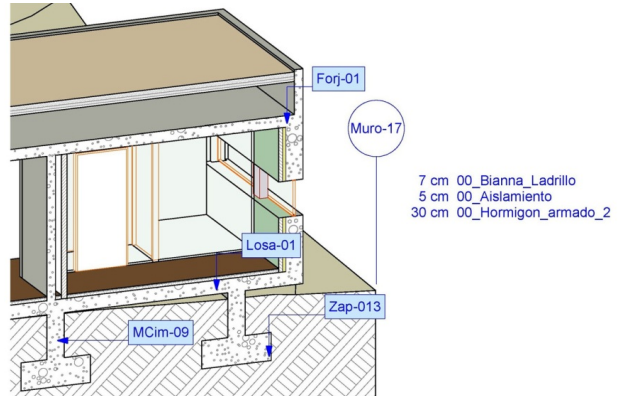


Fig 4. Detalle de la maqueta arquitectónica con revestimientos. 2011. Curso de Interoperabilidad. Cfp. Universidad de Sevilla

La preparación del modelo arquitectónico para la fase estructural

Para que el diseñador pueda compartir información gráfica con el ingeniero especialista en estructuras, el modelo debe contar con unos datos concretos que cumplan los siguientes requisitos:

- Filtrado de la envolvente, de los elementos divisorios, de las carpinterías y del mobiliario dejando sólo los elementos de carga del proyecto.
- Visualización de los núcleos de elementos estructuras compuestos, ocultando emparchados en pilares, pavimentos y falso techos en forjados y cubiertas.
- Una clasificación los todos elementos de cimentación y estructura clasificados por su función de carga.
- Los elementos exportados deben ser procesables por el software de cálculo estructural usado por el ingeniero facilitando la creación inicial del modelo de estructura.

Estas exigencias servirán para sobrepasar una clara representación virtual y poder progresar en la importancia funcional del modelo, donde es muy importante el posicionamiento exacto de cada componente estructural dentro del global: ahora el ingeniero que importe el modelo filtrado respetará los retranqueos de pilares, vigas y forjados, tomando sus caras fijas respeto al extradós de la envolvente del modelo arquitectónico.

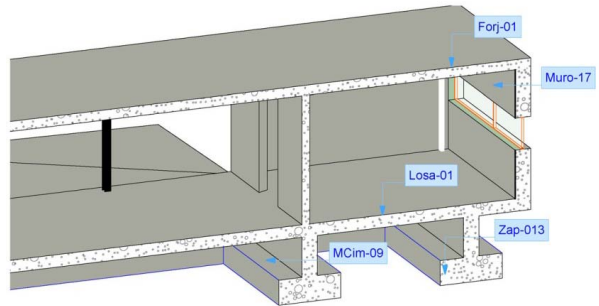


Fig 5. Detalle de la maqueta estructural filtrada. 2011. Curso de Interoperabilidad. Cfp. US

Gestión de la información del modelo gráfico virtual

Como ejemplo de transferencia de información gráfica en el campo estructural presentamos la Casa Bianna (Hidalgo-Hartmann. 2002-2006. La Garrotxa. Girona), usada como modelo de referencia del curso de formación continua *Interoperabilidad del Modelo Virtual de Archicad (Building Information Modeling) Nivel II*, cfp de la Universidad de Sevilla, y que nos facilitará la explicación del procedimiento seguido para una efectiva gestión de los datos.

Una vez finalizada la maqueta virtual en su faceta arquitectónica, se procedió a realizar una identificación de todos los elementos representados utilizando etiquetas y agrupándolos por capas. Al objeto paramétrico, tanto estructural como decorativo, se le aplicó primeramente un ID identificativo, numerado para el caso de variaciones posicionales o de sus dimensiones básicas, clasificándose en familias constructivas. Había que utilizar

⁷² El formato IFC (Industry Foundation Classes) ha sido desarrollado por el IAI (International Alliance for Interoperability) con el fin de convertirse en un estándar que facilite la interoperabilidad entre programas de CAD. Es de especificación abierta y no está bajo el control de ningún fabricante de software.

un ID que verdaderamente identificase el elemento representado y que no estuviese solamente relacionado con el tipo de familia al que pertenece, sino con su posición y función en el modelo.

Paralelamente se utilizó un número idóneo de capas para clasificar los elementos constructivos del edificio. Estas pueden estar relacionadas primeramente con su función arquitectónica o por su sistema constructivo concreto empleado en el edificio, para posteriormente en una fase más avanzada ir creando otras sub-capas donde derivemos elementos de revestimientos y de detalles concluyentes.

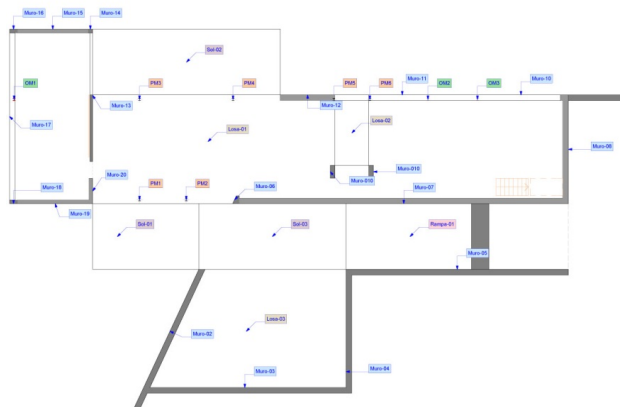


Fig 6. Planta filtrada con etiquetas identificativas en los elementos del sistema estructural.

Filtrado para un buen intercambio de información

En la Casa Bianna continuamos un proceso de filtrado ayudados por herramientas específicas del software Archicad, llegando a una clasificación de los elementos por su posición, categoría y función estructural. El procedimiento lo concretamos en los siguientes pasos:

- Ocultamos las capas contenedoras de elementos superfluos para el cálculo: divisorias interiores, revestimientos de techos, pavimentos y mobiliario, visualizando sólo aquellas con elementos estructurales;
- filtramos todos los elementos no estructurales, utilizando la visualización parcial de los elementos compuestos. Se eliminaron todas las partes sin carga de las estructuras, quedando solamente los núcleos estructurales;
- los elementos que no convenían para la función estructural fueron reclasificados adecuadamente dentro del modelo arquitectónico;
- por último, se aplicó un traductor "específico" incorporado en el software para generar el archivo IFC personalizado con destino al ingeniero (Cypecad y Tricalc).

Finalmente, toda la estructura de datos del modelo BIM, incluidas las características físicas y funcionales de cada elemento, pueden ser refinados y adaptados a cualquier proceso de trabajo de colaboración sea cual sea el software receptor- siempre se utilice un traductor idóneo de la información a exportar/importar en la creación del formato IFC-.

El flujo de trabajo del modelo virtual de información

Esta flexibilidad del modelo BIM no finaliza con la transmisión de información al ingeniero colaborador, sino que posteriormente al estudio y cálculo de la estructura, que ha podido suponer una redimensión de los elementos estructurales propuestos inicialmente, el diseñador recibirá el modelo en sucesivas fases para incorporar los ajustes introducidos por la ingeniería especialista, dándose una sincronización reiterada entre ellas de todos los cambios que esté sufriendo el modelo.

Con nuestro modelo de referencia hemos podido ver la importancia que tiene el modelo gráfico como transmisor de información especializada entre las disciplinas participativas, permitiendo realizar un seguimiento del modelo desde su creación hasta su reajuste final, con una gestión de los cambios transparente, sincronizada y eficiente entre arquitectos e ingenieros. Cuando elaboramos el modelo de la Casa Bianna siempre tuvimos presente el sistema constructivo propio del estudio Hidalgo-Hartmann, donde se emplea el hormigón armado en todos los elementos que generan la envolvente del edificio. Así, tanto cerramientos como cubiertas se encofraron con tablas de madera para dejar visto. Por tanto, antes de su exportación, se le asignó una función estructural a los muros del cerramiento para que así lo interpretase el software de cálculo.

El trabajo manual de coordinación del diseñador o *Cad Manager* de cualquier estudio ha sido frecuentemente arduo y los resultados no siempre satisfactorios; con el modelo BIM podemos acercarnos más a un flujo de trabajo perspicaz y eliminar contradicciones en los documentos gráficos, bastante agudizados cuando se ha delegado en colaboradores externos al equipo propio.

Hay que considerar que el criterio de cálculo será particular de cada ingeniero de estructuras, lo que motivará que frecuentemente descubramos que el modelo IFC recibido muestre elementos nuevos, algunos modificados otros eliminados. En la casa Bianna aplicamos el "asistente de detección de cambios del modelo" entre el IFC inicial preparado para su exportación y el modelo IFC recibido del software de cálculo Tricalc, permitiendo una visualización en diferentes colores de los elementos estructurales (el azul para definir los nuevos, el verde para los modificados y el rojo para destacar los elementos eliminados). Ahora, es cuando el *Cad Manager* revisará estos elementos uno a uno, tomando las decisiones correctas en base al modelo BIM inicial para aceptar o no los

cambios propuestos. Al final el diseñador adquirirá sólo aquellos elementos precisos del "modelo de ingeniería" una vez revisados para incorporarlo en el modelo arquitectónico.

El Formato de Documento de Adobe pdf se ha convertido en el formato estándar de archivo digital para guardar y publicar la documentación, incluidos gráficos vectoriales e imágenes. Los software BIM, entre ellos ArchiCAD, pueden soportar tanto la exportación como la importación de documentos pdf - textos, esquemas, dibujos-, con la ventaja de traer directamente a la hoja de diseño el archivo de un banco de detalles constructivos o el sistema tecnológico de un fabricante.

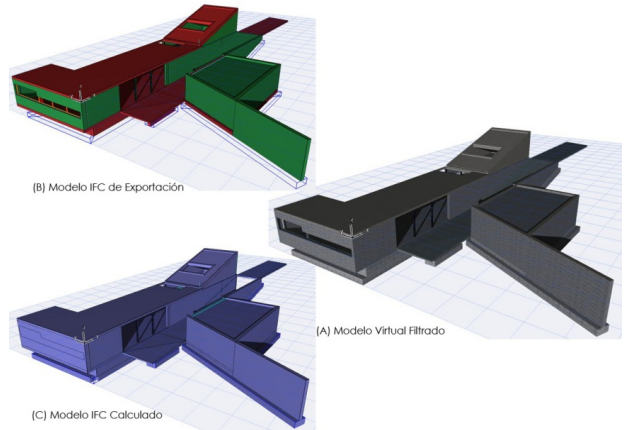


Fig 7. Modelo virtual estructural filtrado (A), modelo estructural IFC inicial para exportación (B) y modelo IFC final calculado con Tricalc (C). 2012. Curso de Interoperabilidad. Cfp. US

Pero para hacer efectiva la interoperabilidad entre las aplicaciones específicas de cada disciplina participativa en el campo de la construcción, se ha buscado un formato que conserve todas las propiedades geométricas y espaciales de los elementos dentro del modelo virtual. Ese es el formato IFC, permitiéndonos extender la colaboración BIM a todas las ramas de ingeniería: industrial, estructural, y energética. La plataforma actual IFC 2x3 se ha consolidado en los últimos años, y se está utilizando por los principales fabricantes de software – Autodesk, Graphisoft, Nemetschek- de forma satisfactoria como plataforma de intercambio del modelo BIM. La meta del archivo IFC es conseguir una extensa industria y un continuo intercambio de información entre aplicaciones específicas dentro del campo de la arquitectura e ingeniería en el ciclo de vida del edificio.

No debemos olvidar tampoco la relevancia que toman hoy las instalaciones en un proyecto, constituyendo una amplia malla cada vez más compleja, con su adecuado encaje dentro del modelo arquitectónico para salvar angostos registros. El modelado BIM nos permite incorporar los sistemas MEP⁷³, incluyendo las canalizaciones de saneamiento y fontanería, las redes de electricidad, las infraestructuras de Climatización y los sistemas de Protección de incendios, todas modeladas en el modelo virtual, algo que es de suma importancia si se quiere evitar colisiones con elementos estructurales o salvar distancias mínimas de seguridad obligadas por norma. El Modelador MEP de ArchiCAD nos permitirá crear, editar e importar conductos, tuberías y bandejas portacables en 3D y coordinarlos con el modelo Virtual.

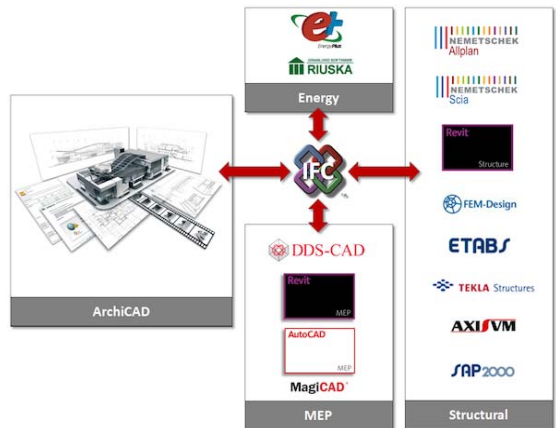


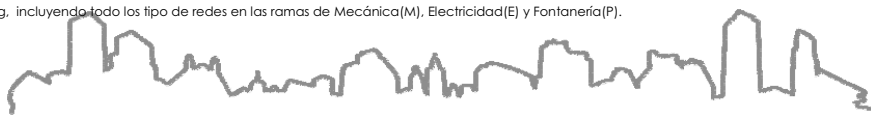
Fig. 8 Imagen que muestra los flujos de trabajo entre una amplia gama de aplicaciones, todas ellas con la plataforma IFC 2x3. 2010. Graphisoft.

Está, por tanto, demostrada la flexibilidad del modelo gráfico generado por los nuevos programas de CAD/BIM, pero no sólo en la colaboración con las diferentes ingenierías, sino también en el intercambio de datos BIM con sistemas de análisis y estudio energético. Expondremos ahora las potencialidades del modelo virtual de información en el naciente campo de la sostenibilidad.

El modelo virtual sostenible

La sostenibilidad debe estar hoy presente en todo el proceso de diseño, desde el momento en que se germina la idea hay que tomar decisiones sobre eficiencia energética y no dejarlo para posteriores fases cuando una rectificación supone un gravoso y elevado coste. Los softwares que generan modelos de información están incorporando en su interfaz simuladores energéticos. En nuestro curso de interoperabilidad del modelo virtual

⁷³ Mechanical/Electrical/Plumbing, incluyendo todo el tipo de redes en las ramas de Mecánica(M), Electricidad(E) y Fontanería(P).



hemos experimentado con la aplicación *EcoDesigner*⁷⁴ de ArchiCAD, facilitando al diseñador una optimización del modelo, al mismo tiempo que le proporciona diferentes alternativas de diseño en función del rendimiento energético de cada una de ellas. El documento DB-HE sobre Ahorro de energía del CTE "tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de ahorro de energía", entre las que encontramos: limitación de demanda energética, rendimientos de las instalaciones térmicas y eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, sin menospreciar la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria. La posibilidad de poder proporcionar información valiosa sobre el rendimiento energético del edificio permite que el diseñador tome la mejor decisión posible para ajustarse al CTE, satisfacer los intereses del cliente como también del personal de mantenimiento encargado del edificio.

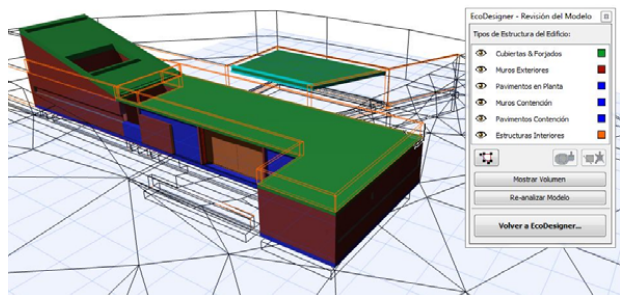
Estructuración de los elementos de la envolvente energética

Es importante para un buen diseño que el diseñador considere la orientación de superficies acristaladas, así como la necesidad de incluir elementos de sombreado externo, decisiones que incidirán sobre el consumo de energía en la vida útil de la edificación.

Salvando este asentamiento inicial, se procederá posteriormente a una rigurosa estructuración de los elementos que conformarán la envolvente energética. Tanto los muros del cerramiento, sus huecos como los forjados y las cubiertas que cierran el habita deberán estructurarse por compuestos de tramas vectoriales identificativas, a las que se le asignarán posteriormente unos valores energéticos para alcanzar el bienestar térmico (transmitancia térmica: W/m^2K).

En el análisis del modelo se definirá esos grupos de estructuras como base de los cálculos energéticos, con la flexibilidad de ser mostrados dentro del modelo con diferentes colores tanto en planta como en la ventana 3D. Pero en una fase posterior se hará imprescindible un chequeo pormenorizado de los elementos de la envolvente del edificio y de la estructura interior.

En la casa Bianna utilizamos la paleta de "Revisión del Modelo" para revisar la clasificación de los elementos generados en el análisis previo, agrupados en tres categorías elementales:



- Elementos de la envolvente del Edificio por encima del nivel del terreno: Cubiertas y Forjados de planta, Muros Externos.
- Estructuras en Contacto con el Suelo: Losas de Cimentación, Pavimentos del Suelo, Muros de Sótano, Pavimentos de Sótano).
- Estructuras Interiores: tabiques divisorios.

Asignación de propiedades térmicas a los elementos del modelo

Si en la biblioteca de materiales de ArchiCAD se establece una base de texturas de materiales para un buen mapeado en las superficies del modelo, primando la visualización en 3D, ahora en la aplicación *EcoDesigner* los materiales incorporan propiedades térmicas como la conductividad, la densidad y la capacidad calorífica.

Primeramente dispondremos de un listado con los tipos de "tramas de corte" asignados a cada elemento participante en el análisis energético del modelo. Hay que considerar que una trama se identifica no por su apariencia sino por su nombre, de forma que las tramas de igual aspecto con nombres diferentes se distinguen en *EcoDesigner*. Por ej.: si una trama de "rallado a 45°" se utiliza en la representación gráfica de todos los muros del proyecto, cuando en realidad se han estimado elementos con propiedades físicas diferentes debido a la función real establecida, la trama debe duplicarse y guardarse con un nombre distintivo a fin de asignarle los valores reales del nuevo material.

Una vez creados y diferenciados gráficamente los elementos de la envolvente del edificio, podemos establecer sus propiedades térmicas, tomándolas de una base de datos oficial o confeccionándolas manualmente. Por último tendremos el elemento definido por su orientación, el tipo, la trama y el espesor, y las propiedades adicionales para la evaluación energética: Área, Espesor, Valor U ⁷⁵, Superficie⁷⁶ e Infiltración⁷⁷. En el caso de

⁷⁴ Simulador energético incorporado en ArchiCAD que soporta soluciones arquitectónicas sostenibles y dispone de un motor de cálculo dinámico para evaluar las geometrías de edificios y sistemas MEP. Se obtienen resultados detallados que muestran toda la información sobre los sistemas energéticos del edificio.

⁷⁵ El valor U se refiere al coeficiente de transmisión de calor del Elemento de la envolvente del Edificio. La Calculadora del valor U estima el rendimiento de la física térmica de los materiales y la estructuras compuestas del proyecto (W/m^2K).

haber empleados compuestos de tramas, como es el caso de cerramientos multicapas, el simulador energético nos permite asignarle las propiedades adicionales a cada capa del compuesto (Espesor, Conductividad térmica, Densidad y Capacidad calorífica)⁷⁸.

Conclusiones

Los nuevos avances y desarrollos llevados a cabo por el software BIM enfatizan una colaboración eficaz entre el diseño del arquitecto y las demás disciplinas, una colaboración que requiere de métodos fiables para compartir y almacenar información sobre modelos de edificios, además de las soluciones y propuestas de diseño. El modelo BIM ha demostrado que cumple dichos requisitos, además, permite gestionar todos los cambios realizados al modelo de edificio por parte de cualquiera de los participantes, minimizando a la vez la posibilidad de que se produzcan errores humanos.

El poder compartir información con verdaderos datos técnicos y de manera flexible ha supuesto una redefinición del diseño gráfico. Este hecho establecerá una nueva era, la del trabajo multidisciplinar con una colaboración "abierto", y una nueva realidad: *la interoperabilidad*.

La Interoperabilidad del Modelo Virtual de Información ha permitido extrapolar el potencial del modelado 3D habitual, con un importante aumento de la productividad y la optimización de la coordinación en la fase inicial de levantamiento gráfico, interactuando con las diferentes campos disciplinarios - estudio energético, estructural y de las infraestructuras de ingeniería-, como también la flexibilidad para operar en las versátiles fases de ejecución y posterior mantenimiento del edificio. Los resultados se podrían concretar en los siguientes puntos:

1. Obtención de entregas más efectivas del proyecto con menos errores y mayor control de los cambios.
2. Obtención de una documentación gráfica y alfanumérica más completa, mucho más rápida, y que permitirá un mejor flujo de comunicación con las otras disciplinas e incluso con la propiedad.
3. Creación de un puente de comunicación entre los diferentes requerimientos de los modelos BIM, es decir, entre el arquitecto y las diferentes ingenierías.

Según Nieto (2010, p.76) ahora es el momento de establecer la interoperabilidad en la realización del modelo virtual cuando se interviene en cualquier proyecto, sea de obra nueva o de rehabilitación, más cuando el trabajo interdisciplinar se hace imprescindible para que la colaboración entre las diferentes disciplinas dé como resultado un trabajo coordinado teniendo en cuenta todas los puntos de vista: *Un trabajo verdaderamente interdisciplinar implica el intercambio de ideas y opiniones entre especialistas de distintos campos de una manera fluida y rápida*, principio 1: interdisciplinar de la Carta de Sevilla.

La aparición del formato estándar IFC ha mejorado el intercambio de información entre el programa de diseño, columna vertebral de la interoperabilidad, y las demás aplicaciones especializadas. Pero todavía el intercambio IFC no es del todo equilibrado entre los distintos programas que participan en un proyecto -somos conscientes de que hay mucha diversidad en las funciones sistemáticas que debe de cumplir el elemento representado gráficamente-, que hace que mucha de la información transmitida no sea considerada válida por el software receptor. Es importante que se siga por la vía de crear un estándar único para que el intercambio de la información sea más fluido.

La verdadera solución es construir flujos de trabajo de colaboración dinámicos y recíprocos - toma y dame-, donde cada componente del proceso de trabajo esté específicamente preparado para cumplir los distintos requerimientos del conjunto. Aunque para que el flujo de trabajo entre el arquitecto y los ingenieros sea verdaderamente efectivo hay que proceder a un protocolo de actuación, donde cada disciplina trabaje en entornos específicos, de manera coordinada y puedan combinarse.

Finalmente, se puede afirmar que la generación de *modelos de información* nos proporciona una nueva forma de obtener los documentos gráficos, entrelazados con otros datos alfanuméricos no menos importantes y que formarán un conjunto *eficiente*, forjado en un modelo virtual abierto del edificio, el cual nos facilitará un

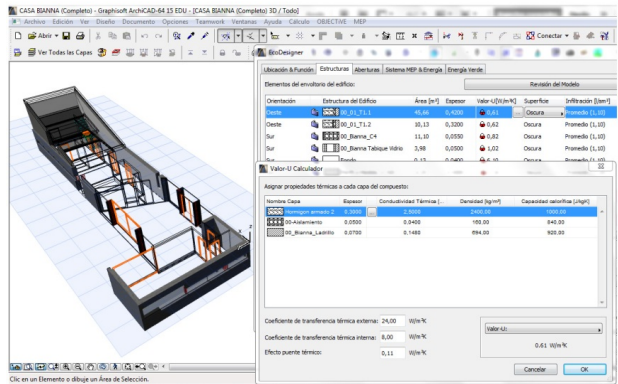


Fig.10 Asignación de propiedades térmicas a las tramas de los elementos compuestos. 2012. Interoperabilidad. Cfp. US

⁷⁶ La propiedad Superficie determina las propiedades de absorción del Elemento, seleccionando entre una lista de materiales de superficie y acabados.

⁷⁷ La infiltración (l/s.m2) hace referencia a la permeabilidad del aire del grupo de estructuras seleccionado.

⁷⁸ La Calculadora de Valor U calcula el promedio del coeficiente de transmisión de calor de los materiales y las estructuras compuestas, basándose en un algoritmo estacionario utilizado por la mayoría de las normas nacionales. Algunas convenciones locales prefieren utilizar el valor R (Coeficiente de Resistencia Térmica), que representa lo inverso al valor U.



proceso interdisciplinar que incrementará la productividad, nos proporcionará una gestión eficaz y flexible del mismo al extraerse todo tipo de datos y representaciones (Nieto 2010).

Referencias

Frausto-Robledo, A. 2010, *Architosh 2010 BIM ISV Report*, AIA, LEED AP, Architosh.

Gordon, D. 2003, *What is Interoperability and why does it matter*, MapInfo Magazine Volume 7, nº4., <http://resource.mapinfo.com/static/files/document/1074288321775/mapinfomag_summer2003.pdf>.

Goodchild, M, Egenhofer, M, Fegeas, R. 1997, *Interoperating GISs: Report of a specialist meeting held under the auspices of the varenius project*, <http://www.ncgia.ucsb.edu/Publications/Varenius_Reports/Interop.pdf>

Graphisoft España, 2010, *Diseño Compartido con BIM*, Graphisoft, Madrid.

Graphisoft España, 2010, *La próxima evolución BIM: Colaboración abierta en todas las áreas con ArchiCAD BIM.*, visitada el 14 de Julio de 2010, <<http://www.graphisoft.com/products/archicad/>>.

Holness, Gordon V. R. 2008, *Building Information Modeling Gaining Momentum*, Ashrae Journal, pp. 28-40, de Wikipedia, visitada el 6 de Julio de 2010, <<http://www.ifcwiki.org: Formatos IFC>>.

Nieto Julián, JE 2010, *Generación de modelos de información para la gestión de una intervención de rehabilitación: La cárcel de la Real Fábrica de Tabacos de Sevilla*, Proyecto Fin de Máster en Arquitectura y Patrimonio Histórico. Universidad de Sevilla.

Varkonyi, V 2010, *La próxima evolución BIM: Colaboración abierta en todas las áreas*. Graphisoft.

William A et al. 2002, *A Spectrum of Interoperability: The Site for Science*, Prototype for the NSDL. D-Lib Magazine, 8(1), enero 2012, <<http://www.dlib.org/dlib/january02/arms/01arms.html>>.

LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA AL SERVICIO DE LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE MODELOS DE LA REALIDAD TERRITORIAL Y ARQUITECTÓNICA.

María Dolores NOGUERO HERNÁNDEZ
Francisco Ramón LOZANO MARTÍNEZ
Joaquín AGUILAR CAMACHO

Universidad de Sevilla
Departamento de Ingeniería Gráfica

Resumen

Mapping as a source of documentation and model representation of geographical reality, has increased exponentially since the implementation of Geographic Information Systems (GIS) that allows standardization, organization, management and analysis of all information of any discipline related to the territory. Another virtue most notable of these systems is the ability of representation and processing of multiple graphical outputs (digital or analog) that can be designed according to the needs of end users.

Los Sistemas de Información Geográfica

El enorme valor de la cartografía como fuente de documentación y modelo de representación de la realidad geográfica, se ha incrementado exponencialmente con su progresiva adaptación a las nuevas tecnologías a través de los Sistemas de Información Geográfica.

Ello ha supuesto, que el uso de ésta se haya generalizado para convertirse en una herramienta imprescindible de soporte para la localización, la integración de resultados y la difusión de determinados tipos de información.

Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés) es el modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer unas necesidades concretas de información.

Es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográfica referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión.

Un SIG pone a nuestra disposición un conjunto de recursos que posibilitan la administración y el estudio de datos georreferenciados mediante coordenadas, cuya consulta y análisis se representa principalmente mediante salidas gráficas (mapas).

Los SIG se han desarrollado paralelos a las técnicas aplicadas al cartografiado y análisis espacial.

Estos sistemas son demandados por diferentes áreas de conocimiento que coinciden en sus necesidades y bases: topografía, cartografía temática, geografía, ingeniería civil, planificación rural y urbana, fotogrametría, etc.

La Cartografía

El estudio de los elementos o fenómenos que ocurren en un espacio geográfico pueden ser representados mediante diversos recursos que se diferencian en el grado de abstracción que permite cada uno.

El arte de representar los elementos de la superficie terrestre o los fenómenos que ocurren sobre ésta, mediante mapas, se llama Cartografía y se desarrolla en cualquier disciplina vinculada con el territorio adaptándola a los distintos contenidos. Según la ICA (Asociación Cartográfica Internacional): "Un mapa temático es aquel que está diseñado para mostrar características o conceptos particulares. En el uso convencional de los mapas, este término excluye a los mapas topográficos".

Elaboración de Cartografía Temática

La elaboración de un mapa conlleva dos etapas: La conceptualización de la temática que se va a representar (pensar el mapa) y la edición o proceso gráfico del mapa (diseñar o hacer el mapa). A la hora de crear un mapa temático es imprescindible determinar:

- La funcionalidad del mapa: ¿qué mensaje se quiere transmitir? ¿qué usuarios harán uso de la cartografía generada? Es necesario definir el objetivo del mapa y el nivel de referencia de los usuarios, sólo así se garantiza la comunicación de la información espacial.

Es imprescindible considerar que el mecanismo de percepción varía con la edad, el nivel cultural y las condiciones físicas de la persona.

- El nivel de detalle de la información a representar: este factor establece la escala de representación del mapa.



• Los datos: gran parte de la cartografía temática resulta del procesamiento de un conjunto de datos estadísticos. El conocimiento del tema permitirá al autor realizar un tratamiento adecuado de los datos y definir una dimensión espacial y simbología coherente con los mismos.

• Geometría de la representación: en un mapa, los elementos o fenómenos sobre la superficie terrestre se representan de tres formas desde el punto de vista geométrico (puntos, líneas y polígonos), según la naturaleza del fenómeno.

Tipos de mapas temáticos

• Mapas Cualitativos: son aquellos que representan condiciones, cualidades o características. La variable representada no establece ningún valor numérico. Pueden ser mapas cualitativos puntuales, lineales o superficiales.

• Mapas Cuantitativos: son aquellos que informan de los cambios de una variable según criterios de cantidad. Son muy utilizados para representar temas que impliquen el uso de información estadística referida a un contexto espacial. Pueden ser mapas cuantitativos puntuales, lineales o superficiales.

Ejemplos prácticos de representación y producción gráfica a través de los SIG

A continuación, se presentan una serie ejemplos de gestión de información temática a través de sistemas de información geográfica orientados y diseñados concretamente para la ordenación territorial y urbanística, la gestión de infraestructuras y equipamientos, la vivienda y el patrimonio. En cada caso, el SIG ha favorecido el tratamiento específico y análisis de los datos según los objetivos establecidos y como resultado final ha facilitado la elaboración de documentación gráfica estandarizada o *ad hoc* (a demanda) según la funcionalidad otorgada a la cartografía resultante.

A) Gestión Urbanística: Elaboración de Planeamiento General

La redacción de figuras de planeamiento urbanístico en España es producto de una larga experiencia, consiguiendo un elevado grado de especialización y adaptación a los problemas del territorio. Debemos asumir que los planes son complejos porque las decisiones que se toman sobre el territorio son complejas y porque lo exige la seguridad jurídica, la justa distribución de la riqueza territorial derivada del planeamiento y la necesidad de una calidad urbana final.

Por otro lado, los servicios de planeamiento de las diferentes administraciones públicas, así como los profesionales del urbanismo al servicio de la iniciativa pública o privada cuentan con criterios propios o basados en modelos muy específicos que no siempre son aplicables o adaptables íntegramente a las necesidades que se plantean.

En ambos casos, se tiende a la diversificación extraordinaria de las fuentes del planeamiento de manera que, en un municipio todos sus instrumentos pueden estar redactados por profesionales diferentes y con distintos criterios de organización y representación.

Este panorama despierta la necesidad de estudiar soluciones diseñadas para servir de apoyo a la redacción de figuras de planeamiento con criterios comunes en diferentes ámbitos y niveles territoriales, orientados a favorecer aspectos como la comunicación, el flujo de información, la estructura interna de los planes, el nivel de homogeneidad y la calidad final.

Con el objetivo de mejorar la eficiencia en la gestión urbanística surgen diferentes iniciativas de desarrollo de distintos sistemas:

• Sistemas de alcance regional: Como por ejemplo el País Vasco (UDALPLAN), Rioja (SIU), Extremadura (SIGCAT), Castilla León (PLAU), Navarra (SITNA).

• Sistemas de alcance provincial: Como por ejemplo Huelva, Almería, Sevilla, Valencia, Barcelona (SUDOE).

• Sistemas de alcance municipal: Entre los que se encuentran los Ayuntamientos de las principales ciudades.

• Sistemas de los colegios oficiales de arquitectos: Como por ejemplo los de Alicante, Almería, Canarias, Ciudad Real, Extremadura, Jaén, La Rioja, León, Sevilla, Galicia, Salamanca, Ávila.

Pero es el Programa de Impulso al Urbanismo en Red, surgido de un convenio de colaboración entre el Ministerio de Industria y Comercio, la Federación Española de Municipios y Provincias y RED.es, el que presenta un proyecto integral de introducción de las TICs en el ámbito urbanístico de las Entidades Locales. Nació con el objeto de publicar los planes urbanísticos municipales, a través de Internet, para que los ciudadanos accedan a ellos de forma fácil y personalizada, con el fin de aumentar y potenciar la transparencia en la gestión pública del urbanismo. Asimismo, se persigue facilitar una completa interoperabilidad entre las distintas administraciones

y agentes implicados, a través de servicios electrónicos que permitan la puesta en común de la información de planeamiento urbanístico, para ser utilizada por los diferentes interesados.

Este programa plantea las directrices fundamentales para el desarrollo de los sistemas, estructuras y medios tecnológicos adecuados para convertir el Planeamiento urbanístico en información digital en todo su ciclo de vida, desde su redacción hasta su aplicación, sin pérdida de información. Esta conversión permite el tratamiento de la información con las ventajas que aporta introducirla en sistemas de información geográfica: incremento de la precisión, incremento de la coherencia, sencillez de acceso y navegación por la información, acceso universal a la información y reducción o eliminación de los costes de distribución y copia.

Problemas generales en el modo de producción actual

Durante los años noventa, los software CAD y los dispositivos de impresión de gran formato y de bajo coste, se han usado masivamente como herramientas para la representación gráfica en la redacción de las figuras de planeamiento. Esto ha supuesto la reconversión total de las técnicas y la producción íntegra en formato digital, sin embargo, no es posible su integración directa en sistemas de información por diversas razones:

- Se utilizan diversos formatos de fichero (*.dgn, *.dwg, *.dxf...).
- Los ficheros están estructurados para producir documentos de papel.
- Riesgo de inconsistencias entre planos.
- Tecnología basada en ficheros CAD, sin topología, sin mecanismos de validación espacial, sin estructuras de información que aseguren la coherencia, integridad y mantenimiento de la información.
- La producción gráfica y la alfanumérica sin conexión, con una consistencia dependiente de la inspección manual, lo que favorece posibles diferencias entre la documentación gráfica y la normativa textual.
- A pesar de existir metodologías de trabajo, en cuanto a formatos y estilos de representación constantes, se producen mejoras coyunturales y cambios de criterio, que dificultan el uso de estándares y convierten a cada proyecto en único.
- Los dilatados períodos de tramitación con entregas y rectificaciones, favorecen la introducción de inconsistencias y el descontrol del versionado de los documentos.

Desarrollo del proceso de producción de planeamiento íntegramente digital

Según el Programa de Impulso al Urbanismo en Red, alcanzar una verdadera producción digital requiere, el establecimiento de una serie de actuaciones:

Sistematización Conceptual

- Establecer una sistematización de conceptos básica, armada con las herramientas de verificación adecuadas, que garantice la calidad formal del producto final.
- Permitir la incorporación de criterios o conceptos propios o específicos de cada proyecto cuando no entren en conflicto con los conceptos básicos normalizados.
- Establecer una mecánica de evolución del estándar de sistematización mediante versionado que garantice la compatibilidad de los planes independientemente de su antigüedad.

Sistematización Formal

- Establecer una estructura de información encapsulable en un fichero que almacene los planes sin afectar su nivel de complejidad y que sea inviolable.
- Construir sistemas de validación formal de los planes y consolidar en sistemas de información territoriales que garanticen la necesaria interoperación entre planos.
- Definir estilos de representación consensuados y estables que faciliten la legibilidad del planeamiento independientemente de su productor, de su ámbito de aplicación o de la legislación de base en la que se apoye.

La sistematización del leguaje de representación para el planeamiento y los SIG



El lenguaje gráfico de representación de los planes ha sido siempre un problema para su difusión y comprensión por las limitaciones del papel (dimensiones máximas, indeformabilidad,...), las técnicas de dibujo (colores, grosores, tramados, superficies sólidas), la tecnología de reproducción (dimensiones máximas, resolución, color,...) y las limitaciones de la capacidad visual humana para resolver líneas y distinguir colores. Así como otras disciplinas, tales como el diseño arquitectónico, el industrial o el electrónico, disponen de lenguajes normalizados de representación (normas UNE-EN), los técnicos urbanistas ha dispuesto de libertad en la definición del lenguaje gráfico.

El uso de un soporte electrónico introduce ventajas e inconvenientes a lo referido anteriormente.

•**SIG y Visores Gráficos:** Incorporan la capacidad de hacer zoom (acercar o alejar) el plano de representación respecto del observador. Esta característica condiciona la simbología, ya que se establece para una escala fija o un rango de escalas reducido. Por tanto, el sistema de representación que se establezca debe estar preparado para adecuar el lenguaje a la escala de visualización o para ocultar determinada información en ciertos rangos de escala.

A través de los sistemas de información geográfica (SIG) podemos editar y generar diferentes elementos, localizarlos en el espacio y representarlos mediante un símbolo. El lenguaje gráfico determina el símbolo usado para cada elemento geográfico. Estos símbolos gráficos pueden ser de dos tipos, vectoriales o raster cuando utilizan mapas de bits. Con el uso de simbología de naturaleza vectorial, el SIG permite definir sus dimensiones en unidades de visor (milímetros de papel o monitor) y fijar un tamaño constante para ambos. Sin embargo, para la visualización se permite la variación de la dimensión de los símbolos al cambiar el observador la escala de la información geográfica ("zoom"), adaptándose al tamaño correspondiente para facilitar la consulta.

•**La simbología:** La flexibilidad a la hora de establecer la simbología de representación, está condicionada por la capacidad de representación de los diferentes SIG disponibles. Es necesario el establecimiento de un criterio de simbología usando lenguajes simples que garanticen la universalidad de su aplicación.

•**La superposición de contenidos:** Los SIG admiten teóricamente la superposición ilimitada de capas de información aunque en la práctica están limitadas por la legibilidad final. Sin embargo, si nos permiten realizar de forma sencilla e inmediata cualquier combinación de éstas y cambiarla en el momento, algo que sobre papel es imposible.

Normalización en la representación de los elementos gráficos del planeamiento.

Para la digitalización y superposición de capas de planeamiento a través de herramientas SIG el Programa de Impulso al Urbanismo en Red recomienda establecer cuatro tipos de elementos:

- Elementos lineales:
 - Componentes lineales sin ancho físico
 - Componentes lineales con ancho físico
 - Fronteras
- Elementos superficiales: corresponden a objetos que ocupan un área bidimensional y que se representan mediante varias técnicas:
 - El tramado lineal
 - El tramado mediante símbolos
 - El relleno con sólidos, lisos o degradados, jugando con el color
- Elementos puntuales: corresponden a objetos sin dimensión física representados de dos formas:
 - Mediante símbolos vectoriales
 - Mediante símbolos raster
- Elementos textuales: corresponden a elementos de toponimia materializados mediante la colocación de un texto en una situación significativa respecto al elemento. Su colocación admite diversas variantes:
 - Centrado
 - Asociado a una línea

A cada elemento de una capa, bien sea un recinto o una determinación gráfica, se pueden asignar varios símbolos según su naturaleza lineal, superficial o puntual:

Elemento	Tipo de símbolo	Clave
Lineal	Lineal discontinuo	LD
	Lineal continuo	LC
	Fuente de texto vinculado a línea	FL
Superficial	Color sólido de relleno	CS
	Tramado de relleno	TR
	Borde lineal discontinuo	LD
	Borde lineal continuo	LC
	Raster respecto al centroide (32 x 32)	SR
	Fuente de texto y posición respecto al centroide	FP
Puntual	Raster respecto al punto (32 x 32)	SR
	Fuente de texto y posición respecto al punto	FP

Fig 1. Tabla de claves. (2008). Urbanismo y TIC en España. Recomendaciones para el impulso del urbanismo en red

Cada capa superpuesta utilizará una clave distinta de simbología, por tanto no se podrá utilizar un mismo tipo de simbología en dos capas. El orden de dibujo de las capas estará en función del tipo de simbología utilizada.

A modo de ejemplo, en la siguiente imagen se muestra el visor geográfico desarrollado en este programa para el planeamiento del municipio de Alcalá de Guadaíra. Muestra al usuario todos los niveles de información disponibles sobre la parcela o área de su interés generando una cartografía cualitativa: Clasificación, Categorías y Calificación del suelo, Gestión, Catálogo, Afecciones y Acciones, y ofrece la descarga de la ficha urbanística completa. La aplicación se complementa con otros datos de gran utilidad como la información catastral, ortofotos de ámbito nacional o autonómico y mapas temáticos de diversa naturaleza.

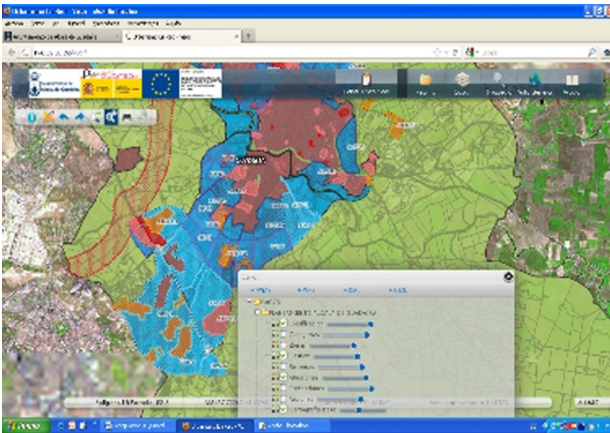


Fig 2. Imagen servicio web Urbanismo en Red. (2012). Contenido imagen. Web Ayuntamiento de Alcalá de Guadaíra

B) Georreferenciación de Infraestructuras y Equipamientos

Como en el caso anterior, la localización de infraestructuras y equipamientos espacialmente es una actividad con perfil adecuado para ser gestionada a través de los SIG, ya que no sólo es preciso situar en el territorio estos elementos sino que es fundamental relacionar dicha información con aspectos geográficos, sociológicos, económicos, ambientales, urbanísticos,... del mismo entorno.

Los datos alfanuméricos y la cartografía base

En el desarrollo de este tipo de proyectos es fundamental la identificación de los diferentes grupos de datos susceptibles de ser relacionados (información general, red viaria, abastecimiento de agua, saneamiento y depuración, servicios, equipamientos...) y establecer una unidad territorial de estudio.



Un aspecto relevante será la consistencia de los datos, tanto los alfanuméricos recopilados de las distintas fuentes de datos oficiales o fruto del trabajo de campo, como la calidad de la cartografía utilizada para georeferenciar las infraestructuras y los elementos territoriales encuestados. Se asocian los datos técnicos a las coordenadas espaciales que los definen en el territorio, estableciendo su localización exacta y su relación con el resto de elementos.

Es importante que la cartografía base se elabore con un criterio para ser utilizada en un SIG y puedan superponerse las capas de datos vectoriales. Hay casos en los que existe una diferencia temporal exigiendo un trabajo complementario de actualización mediante la digitalización de los nuevos elementos.

La presentación de los datos. Elaboración de cartografía temática

Comprobada la fiabilidad de los datos, la última fase de este tipo de proyectos es la presentación de éstos.

Como en el ejemplo anterior, es necesario el establecimiento de unas pautas para representar claramente el volumen de datos disponibles realizando las combinaciones de capas oportunas para satisfacer la demanda de los usuarios, mediante su explotación por diferentes medios:

- Mediante aplicaciones informáticas (clientes pesados)
- Mediante consultas a través de la web (navegadores, visores geográficos,...)
- Mediante la impresión en formato analógico.

Sin duda, la elaboración de cartografía es esencial en este caso, ya que es un medio más claro, rápido y preciso de transmisión que la simple descripción escrita o numérica de la información.

La construcción de planos y cartografías que reflejen las circunstancias poblacionales, socioeconómicas y técnicas en torno a los diferentes servicios supone un importante potencial a la hora de explicar las realidades.

Ejemplo de aplicación. Encuesta de Infraestructura y Equipamientos Locales

La EIEL es la Encuesta de Infraestructura y Equipamientos Locales, encargada de forma anual a las Diputaciones por parte del Ministerio de Política Territorial. Partiendo de ella y siguiendo las directrices de la Junta de Andalucía en cuanto a gestión de la información espacial, la Diputación de Sevilla ha desarrollado un visor web (Mirador) que permite acceder vía Internet a las infraestructuras, equipamientos y servicios de 102 municipios de la provincia de Sevilla.

Un intenso trabajo de definición metodológica, de desarrollo informático y de actualización continua de datos permite a los usuarios consultar mapas, datos y fotos de una forma ágil y atractiva. Se ofrecen datos sobre población, planeamiento, carreteras, centros de enseñanza, culturales, deportivos, espacios libres...

En este caso, se ha elegido una simbología adaptada a la geometría de cada uno de los elementos representados (puntuales, lineales y superficiales), bastante descriptiva y adaptada a la temática a la que hacen referencia. El visor permite ajustar la escala de los elementos representados al zoom de visualización de forma que se evita la aglomeración de iconos.

Es fundamental para obtener una información completa el hecho de poder establecer a demanda la superposición de capas informativas que generan una cartografía de tipo cualitativo. En la siguiente imagen se observa una selección de capas sobre una ortofotografía con elementos textuales, elementos lineales (calles) y poligonales (parcelas de interés público y social) dotados de transparencias, además de elementos puntuales (localización de equipamientos) con iconos de diseño específico.

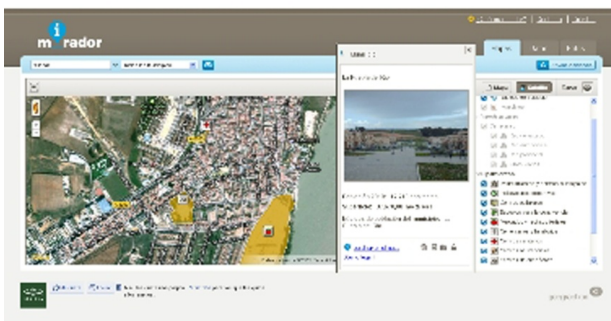


Fig 3. Imagen servicio web Mirador. (2012). Web Diputación de Sevilla

C) Gestión de las Políticas Públicas en Materia de Vivienda, Rehabilitación y Patrimonio Arquitectónico.

La mayor parte de las administraciones públicas estatales, autonómicas y locales, tienen como referente de buena parte de sus competencias al territorio, por lo que encuentran en las TIGs (Tecnologías de la Información Geográfica) un instrumento imprescindible para la planificación y gestión a nivel interno de sus responsabilidades. Así, la planificación y construcción de infraestructuras o el desarrollo de los programas de rehabilitación arquitectónica o de viviendas no podrían ser llevados a cabo sin contar con una serie de bases de referencias cartográficas (cartografía, modelos digitales del terreno, GPS, vuelos fotogramétricos y ortofotos, etc), bases temáticas georreferenciadas (límites administrativos y afecciones territoriales, Catastro, etc) y múltiples bases de datos censales y estadísticas (población, vivienda, actividades productivas, etc), sobre las que tomar decisiones. Todo ello organizado y gestionado a través de un Sistema de Información Geográfica, una herramienta lo suficientemente potente que contenga todos los datos (tanto geográficos como alfanuméricos) más relevantes para la planificación de la administración, así como para la elaboración de información estadística oficial.

En estos casos, el SIG se concibe como un proyecto de organización de la producción de datos espaciales, del desarrollo de las herramientas y medidas para la explotación de éstos y de la puesta en marcha de los procedimientos, servicios y productos que favorecen su difusión, tanto interna como pública.

Es un sistema coordinado, pero al mismo tiempo descentralizado, en el que, por una parte, cada uno de los centros directivos y entes instrumentales de la administración que lo establece aportan la información estadística y geográfica de su competencia, y por otra, pueden acceder al resto de datos alfanuméricos y espaciales que sean de utilidad para su gestión.

Este tipo de SIG tiene como misión principal disponer de datos institucionales suficientes, de forma ágil, para dar respuesta con unos niveles excepcionales de calidad, rigor y eficacia a todas las necesidades en materia de explotación de la información corporativa que en la administración pueda surgir, especialmente para:

- La Dirección de la Administración
- La Gestión Estratégica (Tomas de decisiones, Cuadros de mando, ...)
- La Ciudadanía (estadísticas oficiales)
- Las infraestructuras de datos espaciales oficiales.

Todo ello, garantizando el acceso a un dato único, comparable, correcto, fiable y actualizado.

Sistema de Información Geográfica y Estadística

Como muestra de este tipo de sistemas se presenta el SIGE (Sistema de Información Geográfica y Estadística) de la Consejería de Obras Públicas y Vivienda de la Junta de Andalucía. A pesar de existir algunas actuaciones antecedentes, el SIGE se convirtió en un proyecto estratégico y prioritario en esta Consejería (anteriormente Consejería de Vivienda y Ordenación del Territorio) a mediados del año 2008, afianzando el papel de ésta dentro del contexto del Sistema Cartográfico Andaluz, conforme a las disposiciones del Plan Cartográfico de Andalucía 2009-2012.

La idea inicial se basa en el establecimiento de un sistema de información corporativo a partir de los siguientes elementos básicos:

- Bases tecnológicas adecuadas a las TIGs
- Recursos humanos especializados
- Bases Cartográficas aportados por el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía.
- Información producida por la Consejería.

Información disponible: Repositorio Corporativo y Catálogo de Datos

Desde su constitución, el objetivo inicial del Sistema fue identificar los datos espaciales más relevantes para la planificación y gestión de la Consejería, definir los protocolos y procedimientos para su carga, y centralizar su almacenamiento de forma organizada y estructurada en un repositorio corporativo. El acceso controlado a este repositorio y las garantías de mantenimiento al día de sus contenidos por parte de todos los Centros Directivos constituye un eje fundamental de la funcionalidad del sistema.

Se elabora un documento denominado "Instrucción para la Carga de Datos al Sistema de Información" que tiene por objeto establecer el procedimiento y los requisitos técnicos a seguir por los Centros Directivos para el suministro de datos georreferenciados, incluyendo terminología, plazos de actualización y método de incorporación al Repositorio.



Los datos seleccionados se encuentran incluidos en el "Catalogo de Datos del Sistema" donde se pueden consultar las características técnicas de cada información residente en aquel, constituyendo así una herramienta fundamental de búsqueda y localización de datos.

El personal especializado se encarga de coordinar el almacenamiento de los datos de forma que tras comprobar la integridad y calidad de éstos se registran en el Repositorio Corporativo adquiriendo la característica de dato definitivo y oficial listo para su explotación.

Los datos almacenados en el Repositorio pueden clasificarse en:

- **Indicadores.** Son datos alfanuméricos de actuaciones mensuales de la Consejería, o de su interés directo, a nivel de municipio (rehabilitación, vivienda protegida, patrimonio residencial, arquitectura,...).

Los datos almacenados en el Repositorio pueden clasificarse en:

- **Imágenes y Coberturas Cartográficas,** que se corresponden con productos de reconocimiento territorial y urbano en forma de Ortofotos, imágenes de satélite, Catastro, edificios, mapas de usos del suelo, límites administrativos,...

Entre los diferentes servicios gestionados a través de este SIG cabe destacar las actividades de soporte a los diferentes órganos de dirección basada principalmente en la elaboración de informes y cartografía temática a demanda como apoyo de los trabajos de planificación y toma de decisiones.

Seguidamente se planean algunos ejemplos de este tipo de explotación, donde la representación gráfica adecuada y la elección de una simbología correcta es fundamental para facilitar la comprensión de las conclusiones obtenidas a partir del análisis de los datos en el sistema.

1.- Ficha informativa de datos externos. Contiene gráficos de barras y un mapa cuantitativo superficial de ámbito nacional por provincias resuelto mediante coropletes con una graduación de color según valor.

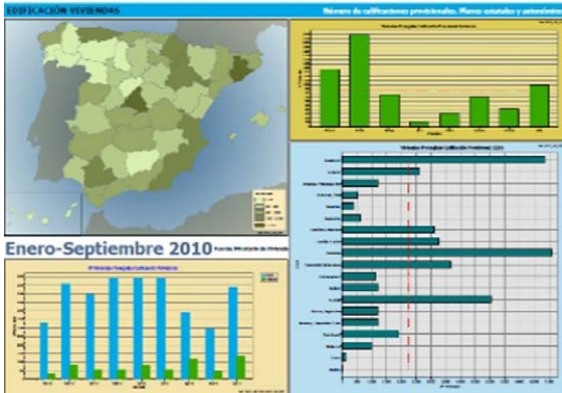


Fig 4. Ficha informativa de datos externos. (2010). Elaboración propia SIGE

2.- Mapa temático cuantitativo resuelto con símbolos proporcionales que se distribuyen en función de número de viviendas por municipio.

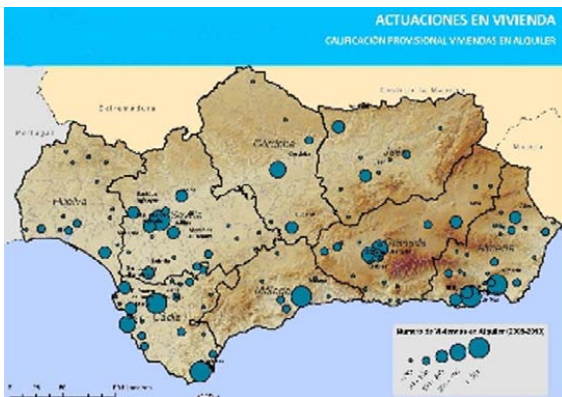


Fig 5. Mapa temático cuantitativo de símbolos proporcionales. (2011). Elaboración propia SIGE

3.-Mapa temático cualitativo puntual que establece la localización de actuaciones de rehabilitación del patrimonio arquitectónico y su estado (en proyecto, en obra, realizada)

ACTUACIONES DE REHABILITACIÓN DEL PATRIMONIO DE INTERÉS ARQUITECTÓNICO

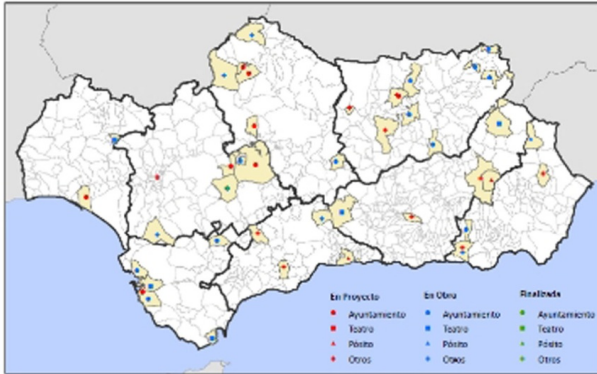


Fig 6. Mapa temático cualitativo puntual. (2011). Elaboración propia SIGE

E) Conclusiones

La potencialidad de gestionar la información geográfica a través de un SIG no sólo queda demostrada en la capacidad de almacenado, edición, normalización, organización y análisis de los datos, sino también en los recursos que ofrecen para, una vez tratada la información aplicar criterios con gran versatilidad, variedad y posibilidades de visualización y representación a la hora de generar la documentación gráfica temática que es el producto final que reciben los usuarios.

Referencias bibliográficas

BOSQUE SENDRA J. (1992) Sistemas de Información Geográfica. Rialp. Madrid

BURROUGH P.A & MCDONNELL R.A (1998) Principals of Geografical Information Systems: Oxford University Press.

PEÑA LLOPIS, JUAN (2006) Sistemas de Información Geográfica Aplicados a la Gestión del Territorio. Editorial Club Universitario. Alicante

RODRÍGUEZ-GIRONÉS, MARTA y OTROS (2008) Urbanismo y TIC en España. Recomendaciones para el impulso del urbanismo en red

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (IGN) y CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (CNIG), (2009) Curso de Cartografía Temática. Madrid

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (IGN) y CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (CNIG), (2009) Curso de Infraestructuras de Datos Espaciales. Madrid

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (IGN) y CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (CNIG), (2009) Curso de Cartografía Temática Avanzada. Madrid

OLAYA, VÍCTOR (2011) Sistemas de Información Geográfica. Versión revisada 1.0

Web Oficial Ayuntamiento de Alcalá de Guadaíra: <http://www.ciudadalcala.org/>

Web Oficial Consorcio de Santiago de Compostela: <http://www.consorcio-santiago.org>

Web Oficial Diputación de Sevilla: <http://www.dipusevilla.es/>



Francisco Jesús RAMOS SÁNCHEZ
Joaquín AGUILAR CAMACHO
Beatriz GARCÍA MORENO
José Luis VALEIRAS JAÉN

Universidad de Sevilla
Departamento De Ingeniería Gráfica

Resumen

El desarrollo de las nuevas tecnologías en la representación gráfica patrimonial, nos motiva a hacer uso de estos avances tecnológicos, para ofrecer nuestro trabajo adaptado a la demanda actual. La fotogrametría de objeto cercano proporciona así una perspectiva más atractiva y con una mayor riqueza gráfica que las detalladas representaciones tradicionales, sin comprometer el rigor geométrico del objeto representado.

En base a la firma de un contrato de investigación para el desarrollo de los trabajos topográfico y de documentación gráfica realizados como labor de apoyo a las prospecciones arqueológicas realizadas en la Capilla Real de la S.P.M. Iglesia Catedral de Sevilla, nos surge la oportunidad de investigar posibles aplicaciones de la citada tecnología.

Ejemplo de la experiencia desarrollada y descrita en la presente ponencia, se aporta el resultado logrado, tras aplicar una serie de técnicas avanzadas a la obtención de un modelo virtual de un resto arqueológico simple.

Abstract

Development of new technologies in the graphic representation heritage motivates us to use these technological advances to offer our work adapted to current demand. The close range photogrammetry thus provides a more attractive and more detailed graphical richness that traditional representations, without compromising the rigor geometric object represented.

Based on the signing of a research contract for the development of topographic work and graphic documentation to work performed as support to the archaeological survey in the Royal Chapel of the SPM Cathedral of Seville, where we the opportunity arises to investigate possible applications of that technology.

Example of the experience developed and described in this paper, it gives the result obtained after applying a series of advanced techniques to obtain a virtual model of a single archaeological rest.

1. INTRODUCCIÓN

Con el motivo de la sustitución de la solería de la Capilla Real de la S.P.M. Iglesia Catedral de Sevilla, se realiza un estudio arqueológico en el subsuelo de la misma con los objetivos de estudiar y documentar la evolución histórica de la misma y así determinar los diferentes niveles de ocupación.

Entre los trabajos de prospección arqueológica nos centraremos en el estudio de documentación de los hallazgos encontrados en las excavaciones. Concretamente estudiaremos cómo documentar unas piezas, las cuales se supone que servirían para anclar posiblemente unas rejas, utilizando la fotogrametría de objeto cercano como principal técnica de levantamiento.

2. OBJETIVOS

La conservación del patrimonio arqueológico, como es el caso que nos ocupa, fija el principal objetivo de estudio llevado a cabo en el trabajo, para la documentación de los anclajes encontrados. Este trabajo, en el apartado que nos ocupa, requiere la realización de un levantamiento que documente con precisión el estado actual de las piezas a estudiar. Como finalidad se pretende realizar por una parte la restitución fotogramétrica, en base a la elaboración de una planimetría de los elementos hallados en las excavaciones. Por otro, generar un modelo virtual de varios de los anclajes hallados.

Por consiguiente, el interés de documentar estas piezas para conservar y preservar el patrimonio, se debe también a que dichas piezas solamente se encuentra visibles durante las prospecciones arqueológicas. Es decir, una vez concluidos los trabajos y repuesta la solería original en la Capilla Real de la Catedral, dichas piezas volverán a quedar enterradas bajo la misma, como estaban originalmente antes de las excavaciones.

Tradicionalmente la documentación de los hallazgos arqueológicos se ha realizado mediante dibujo delineado en papel milimetrado, croquis y fotografías adjuntas, lo que supone la principal problemática detectada inicialmente para documentar este tipo de piezas.

Nos encontramos ante piezas más o menos con forma de prisma pero a su vez de geometría un tanto irregular al tratarse de piezas talladas en piedra de forma artesanal. Además la posición en la que se encuentran, a ras de suelo y cementadas al mismo dificultan poder documentarlas con comodidad. Por esta razón se eligió el uso de las nuevas tecnologías y en este caso de la fotogrametría digital de objeto cercano para documentar los anclajes encontrados.

En este sentido al tratarse de piezas relativamente pequeñas hace que la elección de la fotogrametría digital como herramienta de documentación para generar un modelo 3D sea rentable en tiempo y costo, si lo comparamos con otra técnica como es el uso de la tecnología Laser Scanner que resultaría bastante más costosa.

3. CONTENIDO

En la actuación llevada a cabo hemos de diferenciar entre, los trabajos de campo, para la toma de datos, y los trabajos de gabinete, para el procesado de la información y generación de resultados finales. Además de esta primera división de los trabajos, debemos tener en cuenta las diferentes técnicas de levantamiento utilizada para la documentación de los anclajes como son la topografía y la fotogrametría digital de objeto cercano.

3.1 Trabajo de Campo

3.1.1 Topografía

3.1.1.1 Material y metodología

El uso de la topografía es necesaria para la restitución fotogramétrica en base a la generación de la documentación planimétrica y poder referenciar, la posición de los anclajes y tomas fotográficas, a partir de una red de bases prefijada para el resto de trabajos de documentación de las prospecciones arqueológicas, así como para una posterior georeferenciación de los resultados finales del trabajo. Además su empleo sirve también para complementar el trabajo fotogramétrico en la generación del modelo virtual.

El equipo empleado para la toma de datos topográfica ha sido una estación total de la marca Leica modelo TS-02, dotada con distanciómetro medidor por radiación infrarroja y láser que nos permite realizar mediciones sin prisma reflector. La estación total se complementa con la utilización de un trípode, prima reflectante y jalón para prisma.

3.1.1.2 Toma de datos

Para la toma de datos topográfica se efectuó un estacionamiento libre y calculando la posición apoyándonos en la red de bases preestablecida para el resto de trabajos de documentación. Una vez ejecutado el estacionamiento procedimos a realizar la medición sin prisma utilizando el distanciómetro láser y haciendo diana en cada uno de los vértices de la base superior de los anclajes y anotando en un croquis de apoyo, la referencia de cada punto y cada vértice.

Como particularidad anotar que se decide optar por dianas "naturales" y tomar los vértices de la base superior de los anclajes gracias a su forma de prisma irregular, en detrimento de dianas "artificiales" como puntos más precisos en la medición; ya que el uso de dianas "artificiales" de tipo pegatina o similar, introducirían elementos externos que contaminarían los resultados finales en los trabajos de fotogrametría y modelos virtuales 3D.

3.1.1.3 Resultados conseguidos en campo

Con este trabajo topográfico obtenemos como resultado de un primer trabajo de campo un archivo o base de datos en el que se encuentra la nube de puntos obtenida y que nos servirá para posicionar y referenciar los anclajes como describíamos anteriormente.



Fig 1. Diana codificada. 2012. Fuente: Elaboración propia



3.1.2 Fotogrametría Digital

En esta fase de trabajo de campo correspondiente a la fotogrametría digital, diferenciaremos en los apartados de toma de datos y resultados obtenidos en el trabajo de campo, entre la toma de datos para el trabajo en base a la documentación planimétrica y el trabajo para la generación del modelo virtual de las piezas.

3.1.2.1 Material y metodología

Para los trabajos de fotogrametría realizamos una evaluación previa del elemento, su entorno y las necesidades de documentar dichas piezas. Una vez hecho este diagnóstico inicial se decidió por hacer uso de un software específico de fotogrametría digital y la utilización de cámaras digitales no métricas, lo que nos proporciona un sistema para realizar un levantamiento preciso y versátil a la hora del trabajo en campo.

El equipo empleado estaba compuesto principalmente por una cámara digital réflex Nikon SLR, modelo D3000, con sensor CCD de 23,6 x 15,8 mm y 10,2 Megapixel, junto con un objetivo de distancia focal 18 - 55 mm de óptica Nikkor. Este equipo descrito nos permite una mayor libertad a la hora de tomar las fotografías disminuyendo así el tiempo de trabajo empleado.

Para el trabajo de campo es necesario tener unos conocimientos mínimos en materia de fotografía, y mejor aún en el manejo de nuestra cámara de fotos. Pues hay que tener en cuenta que a la hora de realizar cualquier trabajo fotogramétrico, que cada óptica de cada cámara nos produce una serie de deformaciones del objeto que estamos fotografiando. Estas deformaciones son debidas a la forma de las lentes (pues un objetivo está compuesto por varias), razón por la que es recomendable utilizar un objetivo con distancia focal fija. En nuestro caso como se puede observar sólo disponíamos de un objetivo de distancias variables desde los 18 mm hasta los 55, por lo que se optó por fijar la distancia focal en 18 mm como distancia focal fija para todos los trabajos y no cambiarla, evitando así tener que realizar una calibración para cada distancia focal.

La calibración de la óptica se obtuvo mediante diferentes tomas fotográficas a un patrón de calibración a una distancia similar a la empleada en los trabajos de campo y un posterior procesado mediante software específico. Este equipo nos permitió realizar un trabajo sin la necesidad de trípode de forma manejable y adecuada para este tipo de intervenciones.

3.1.2.2 Toma de datos para documentación planimétrica

En esta primera fase de toma de datos para la documentación planimétrica se efectuó un reportaje fotográfico cubierto con tomas cenitales, una fotografía simple de cada anclaje usando los vértices de los mismos como las dianas "naturales", para una posterior obtención de ortofotos cenitales.

3.1.2.3 Resultados conseguidos en campo para la documentación planimétrica

Los resultados obtenidos en esta fase se resumen en la obtención de fotografías cenitales, en total se realizaron 56 tomas, una por cada anclaje además de tomas de anclajes dobles o que se encontraban muy próximos. De las cuales no se desechó ninguna siendo todas ellas válidas, aunque se utilizaron finalmente 33 tomas.

3.1.2.4 Toma de datos para generar el modelo virtual

En una segunda fase de trabajo de campo la metodología a emplear es distinta a la anterior. Como la finalidad es crear un modelo 3D del objeto a representar, se opta por hacer uso de un software específico que nos genera mediante pares fotográficos una nube de puntos del mismo. Para ello se realizan pares de fotos alrededor del objeto de forma que queden solapadas en un 50% o más de su superficie, utilizando los principios básicos de la fotogrametría estereoscópica.

Para la toma de los pares fotográficos en esta ocasión hemos hecho uso de unas dianas "artificiales" que se encuentran codificadas a partir del software de restitución. Estos puntos de control fueron colocados en línea de 7 dianas sobre unos soportes de madera o tablillas. Con ello conseguimos que las dianas estuviesen sobre una superficie plana y estable y poderlas colocar alrededor de los anclajes sin necesidad de fijarlas al terreno evitando así su posible pérdida por los trabajos de excavación, lo que nos proporcionaba una gran versatilidad a la hora de colocarlas.

Estas dianas nos proporcionarán para el trabajo de gabinete una disminución de tiempo a la hora de marcar referencias en los pares fotográficos ya que el software, al tratarse de dianas codificadas, las reconoce de

forma semiautomática. También nos van a servir como puntos de medición dentro del trabajo, utilizándolas para dar dimensionar el trabajo y dotarlo de precisión y rigor geométrico.

Debido a la cantidad de piezas encontradas, 53 unidades, se tomó una muestra representativa de los anclajes más característicos. Una vez colocadas las dianas alrededor de cada anclaje elegido, procedimos a realizar los pares de fotografías como resultado del trabajo de campo. Esta documentación constituye así los datos de partida para el posterior procesado y trabajo de gabinete. En la imagen siguiente podemos observar una de las fotografías correspondientes a este proceso.



Fig 2. Fotografía anclajes para modelo virtual. 2012. Fuente: Elaboración propia

3.1.2.5 Resultados conseguidos en campo para el modelo virtual

Este trabajo arroja una media de 8 pares fotográficos para el anclaje simple, mientras que para los anclajes dobles, fueron necesarios 14 pares fotográficos. En total realizamos 100 tomas fotográficas repartidas como hemos visto anteriormente. De éstas se utilizaron aproximadamente el 60% de las tomas fotográficas para la generación de los modelos virtuales.

3.1.2.6 Incidencias y dificultades encontradas en la toma de datos

Como incidencias citar en principio varias, la primera es que como los puntos de control o dianas no pudieron ser fijados al suelo, en el caso de tener que volver a efectuar alguna toma fotográfica tendríamos que realizar todo el proceso de trabajo de campo. Otra cuestión a tener en cuenta es la de la iluminación, ya que la luz natural, en algunas ocasiones, resultaba algo escasa, razón por la que necesitábamos el apoyo de luz artificial proporcionada por luminarias halógenas. Asimismo indicar que algunos de los anclajes se encontraban muy próximos a los bordes de las excavaciones causa que no nos permitió realizar los pares fotográficos completos de algunas zonas de los anclajes.

3.2 Trabajo de Gabinete

3.2.1 Software y metodología empleada

Para el trabajo de gabinete cabe destacar el software utilizado y la metodología empleada en cada fase del trabajo. Para la restitución fotogramétrica en base a la documentación planimétrica el software que se decidió usar fue ASR Digital Image Rectifier versión 2.0 para generar las ortofotos, Photomodeler Scanner versión



6.4 para la calibración de la cámara y AutoCAD 2010 para el montaje de planos. Mientras que para generar el modelo virtual utilizamos Photomodeler Scanner versión 6.4 y para la edición final del modelo usamos un software libre como es MeshLab versión 1.3.1.

3.2.2 Proceso de tratamiento de la información y datos para la documentación planimétrica

En esta fase de trabajo se pretende obtener las ortofotos de la base superior de los anclajes, para generar una posterior documentación planimétrica. Los datos de partida para esta fase del trabajo son la nube de puntos levantada con la estación total en la fase de campo y las tomas fotográficas cenitales realizadas de cada uno de los anclajes.

El primer paso para la restitución fotogramétrica es corregir la deformación que nos ha producido la óptica en cada una de las fotografías tomadas. El software que vamos a utilizar para corregir la deformación óptica va a ser el mismo que utilizamos para calibrar la cámara previamente a los trabajos de campo; así con el Photomodeler Scanner vamos a idealizar las fotografías, proceso automático mediante el cual el software citado corrige la aberración óptica, es decir la deformación producida por las lentes ópticas del objetivo.

El siguiente paso, haciendo uso del software de restitución ASR Digital Image Rectifier y las fotos idealizadas anteriormente, vamos a marcar las dianas "naturales", es decir los vértices de la base superior de los anclajes, y relacionar cada punto con su correspondiente en la base de datos obtenida en el levantamiento topográfico. Para ello es indispensable el apoyo del croquis realizado en el trabajo de campo donde relacionamos cada punto levantado con la estación total con su correspondiente vértice en cada anclaje. Una vez asignados los puntos con su correspondiente posición en la imagen podemos restituir la misma y obtener así la ortofoto de cada anclaje y poder generar la planimetría de las excavaciones relacionando los anclajes.

3.2.2.1 Incidencias y dificultades encontradas en gabinete para la documentación planimétrica

Señalar que en los trabajos de restitución fotogramétrica para la documentación planimétrica, el uso de las dianas "naturales" como incidencia o dificultad más reseñable, situación que provocó que necesitásemos emplear más tiempo en la restitución de las ortofotos cenitales de los anclajes, en gabinete.

3.2.2.2 Resultados alcanzados en gabinete para la documentación planimétrica

Los resultados obtenidos en base a la generación de la documentación planimétrica nos encontramos con 53 ortofotos cenitales de la base superior de los anclajes, una por cada anclaje, por una parte. Por otra tenemos los planos de planta generados en la excavación, en los cuales han sido insertadas estas ortofotos.



Fig 3. Ortofoto anclaje doble. 2012. Fuente: Elaboración propia

3.2.2.3 Análisis de la calidad y precisión alcanzados en la documentación planimétrica

En este apartado hay que citar que tanto la calidad y precisión van ligados en gran parte al instrumental utilizado y el trabajo de campo realizado. Citar que en la precisión dependemos de la propia que se obtiene utilizando la Estación Tota y que está entorno a los 2 mm. En cuanto a la calidad se obtiene ortofotos con una resolución de unos 10 Megapíxeles.

3.2.3 Proceso de tratamiento de la información y datos para el modelo virtual

En la segunda fase, el proceso de transformar un elemento real a virtual pasa por diversas etapas en las que se interpretan los datos e información obtenida de cada una de ellas hasta llegar a un nivel de resultados comprensible para la mayoría de usuarios.

Analizando los anclajes y siendo conscientes que, como citamos anteriormente, se tratan de piezas pétreas talladas de forma manual una a una, se observa que aunque su forma se asemeja a la de un prisma, poseen una geometría bastante irregular. Hay que tener en cuenta que a la hora de realizar cualquier levantamiento debemos partir de la premisa de que no existe la simetría o duplicidad en elementos, así como tampoco una fiel adaptación a formas geométricas regulares, por esta razón descartamos la creación de un modelo tridimensional mediante la definición manual de puntos definitorios correspondientes a las aristas.

Una vez hecho este análisis para esta segunda fase del trabajo de gabinete y como vía más adecuada al objetivo perseguido, se eligió la opción de crear un modelo virtual a través de nube de puntos. Para ello elegimos el software de fotogrametría Photomodeler Scanner, el cual nos permite la posibilidad de crear nubes de puntos, en su función Scanner, a partir de los pares fotográficos realizados en el trabajo de campo.

En primer lugar, como paso previo a la importación de las fotografías digitales al programa se realiza una selección previa donde vamos a descartar aquellas imágenes con poca nitidez debido a un mal enfoque, falta de iluminación suficiente. Seguidamente y tras importar las imágenes, el siguiente paso que realizamos ya con el software es idealizarlas corrigiendo así la aberración óptica.



Fig 4. Fotografía idealizada anclaje simple. 2012. Fuente: Elaboración propia

Continuando con el proceso teniendo las imágenes ya idealizadas pasamos a referenciarlas, en nuestro caso se optó por hacerlo de forma semiautomática, para reducir tiempo, gracias a los puntos de control codificados que colocamos para la toma fotográfica de cada anclaje. Este trabajo en algunos puntos tuvimos que realizarlo de forma manual al no reconocer correctamente alguna de las dianas porque aparecían algo desenfocadas en las fotografías y el programa no las reconocía automáticamente.

Para generar la nube de puntos utilizamos el Dense Surface Modeling de Photomodeler y en un principio se realizó utilizando todos los pares de fotos de cada anclaje dentro de un mismo proyecto de trabajo. Esta situación generaba prolongados periodos de tiempo procesando la nube de puntos y unos resultados no muy satisfactorios en cuanto a las nubes de puntos generadas.

Como último paso de esta fase es la creación de un sólido y renderizado del mismo que nos genere nuestro modelo virtual 3D. En un primer intento se realiza utilizando el mismo programa Photomodeler pero los resultados obtenidos distan mucho de la realidad, debido a que este programa crea nubes de puntos independientes para cada par de fotos, de forma que cuando realizamos la unión de estas nubes de puntos y generamos el sólido, nos creaba superficies que no correspondían con el objeto que estamos estudiando. Esta parte de

3.2.3.1 Proceso de optimización de los modelos finales

A partir de aquí, se optó por realizar un proceso de optimización para generar los modelos, reduciendo tiempo y acercándonos así a los objetivos de inicio. Para ello se realizan dos procesos de optimización, uno en cuanto a tiempo en la generación de nubes de puntos a partir de los pares fotográficos de cada anclaje con Photomodeler Scanner. El otro en cuanto a la triangulación, generación de superficie y renderizado del modelo utilizando MeshLab.



3.2.3.2 Optimización de la nube de puntos con Photomodeler Scanner

Se decidió por cuestiones de ahorro en tiempo, generar proyectos individuales en Photomodeler Scanner por cada par de fotos de cada anclaje para crear las nubes de puntos. De esta forma los tiempos empleados en el procesado de las nubes de puntos disminuyeron considerablemente. Así una vez procesado cada proyecto individual solamente nos quedaría unirlos en un proyecto general de cada anclaje, gracias a los puntos de control esta tarea resulta relativamente simple y rápida.

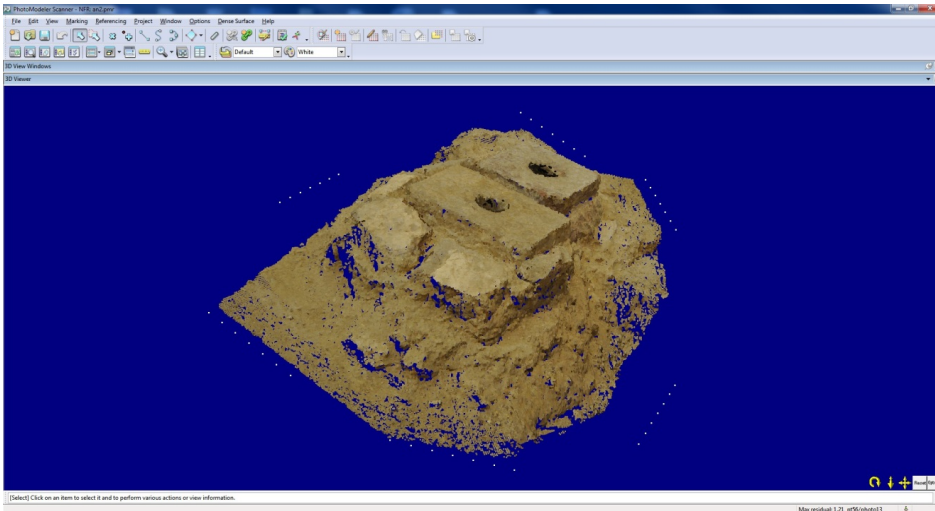


Fig 5. Nube de puntos en Photomodeler Scanner. 2012. Fuente: Elaboración propia

3.2.3.3 Optimización del modelo virtual con MeshLab

En la creación de los modelos siguientes al inicial creado con Photomodeler Scanner, se buscó el aporte de programas informáticos capaces de generar superficies continuas a partir de nubes de puntos. Por ello entre las opciones planteadas nos inclinamos por el uso de MeshLab debido a su versatilidad y capacidad de respuesta ante casos prácticos de diferentes características.

MeshLab es un programa de diseño 3D, manejo y gestión de datos como nubes o mallas de puntos, desarrollado por estudiantes en un proyecto de investigación de la universidad de Pisa (Italia). Abarca un amplio abanico de posibilidades como triangulación, renderización, eliminación, modificación de colores, etc. Su funcionamiento dista de los programas fotogramétricos en cuanto a que estos trabajan por medio de la estereoscopia fotográfica, basada en la ubicación espacial de puntos mediante dos o más fotos mientras que MeshLab trabaja con datos procesado por otros programas. Con esta herramienta, conseguimos parte del propósito de crear una superficie continua mediante triangulación de los puntos que hemos obtenido en el proceso anterior.

Este software de apoyo que trabaja mediante cálculos matemáticos, basados en la media de error cuadrática, varios tipos de subdivisión de superficies y dos algoritmos de reconstrucción de la superficie de las nubes de puntos basado en la técnica de esfera giratoria y en la reconstrucción de la superficie mediante la distribución de Poisson, nos ayuda a simplificar el modelado virtual de las piezas a representar.

La peculiaridad reside en la creación de nubes a partir de una primitiva insertada por nosotros la cual sí que puede ser alterada, mientras que toda aquella importada de programas ajenos no son las reconoce para su manipulación. Básicamente, con la creación del modelo inicial, le damos un ejemplo claro de como debe hacerlo para poder adoptar un modelo final común a la mayoría de los programas, exportable en multitud de formatos.

Para la edición de la nube de puntos en MeshLab como primer paso fue la exportación de las nubes de puntos desde Photomodeler a MeshLab. Este proceso se realiza mediante la exportación en una extensión de archivo compatible entre ambos programas. Esta exportación es semiautomática debido a que para que MeshLab reconozca el archivo debemos de introducir una cabecera que indica el número de puntos y asigna el color a cada punto en el archivo a exportar.

Una vez importada la nube de puntos en MeshLab, obtenemos una malla de puntos, creada por el programa, adaptada al volumen de la nube inicial importada. Creada esta malla de puntos, la cual se encuentra ya triangulada, procedemos a generar la superficie del sólido creando así un modelo virtual sin renderizar, en blanco, del anclaje a representar.

Esta superficie creada, a menudo genera zonas que no se corresponden con el modelo real, esto es debido al método que utiliza el programa de generar la superficie como hemos visto anteriormente. Estas zonas que no se corresponden con la pieza debemos eliminarlas editando los vértices generados en la superficie y definiendo solamente las zonas que correspondan.

Por último, una vez que tenemos el modelo virtual en blanco, procedemos a asignar los colores y renderizar consiguiendo así un modelo virtual 3D, como proponíamos en el objetivo de la presente comunicación. Para la asignación de los colores MeshLab se apoya en la nube de puntos original, importada desde Photomodeler Scanner, la cual si tiene asignado un RGB a cada punto en la nube, este proceso lo realiza por aproximación de los puntos de la nube original y los vértices la superficie del modelo virtual creado.

3.2.3.4 Incidencias y dificultades encontradas en gabinete para los modelos virtuales

Las incidencias y dificultades encontradas en la generación del modelo virtual de cada anclaje fueron en mayor medida la cantidad de tiempo empleada antes de definir el proceso de optimización para generar los modelos virtuales. También citar como incidencia o dificultad que en la generación de la nube de puntos con Photomodeler Scanner detectamos que las zonas que se encuentran con algo de sombra o carecen de suficiente iluminación, apenas son reconocidas por el programa obteniendo una zona con escasez de puntos en la nube de puntos.

3.2.3.5 Resultados alcanzados en gabinete para los modelos virtuales

En la generación del modelo virtual los principales resultados obtenidos por un lado son las nubes de puntos generadas con Photomodeler Scanner, las cuales tienen una densidad que va desde los 200.000 puntos hasta casi el 1.000.000 de puntos dependiendo si se trata de un anclaje simple o doble.

Por otro tenemos las mallas de puntos en MeshLab, que generamos a partir de las nubes de puntos anteriores, estas mallas de puntos son menos densas debido a la simplificación del trabajo, su rango va desde los 150.000 vértices hasta los 300.000 vértices y desde las 100.000 caras hasta las 500.000 caras trianguladas para generar la superficie.

Y como resultado final y objetivo perseguido obtenemos el modelo virtual 3D renderizado que podemos exportar a multitud de formatos de nivel usuario como PDF, VRML, OBJ,...Estos formatos de exportación nos permiten poder visualizar con la ayuda de visores o aplicaciones como plugins para cualquier explorador web, sin la necesidad de instalar software específico y costoso.



Fig 6. Modelo Virtual 3D, 2012. Fuente: Elaboración propia

3.2.3.6 Análisis de la calidad y precisión alcanzados en los modelos virtuales

En este apartado citar que, aparentemente los resultados ofrecidos (fig. 6) nos ofrecen un modelo virtual bastante aproximado al modelo real a simple vista. No obstante cabe señalar la precisión obtenida, aunque estamos en un proceso de medición indirecto, pues solamente conocemos una medida, la distancia entre dianas codificadas.



Realizando los cálculos, las fotografías utilizadas tienen una resolución de 3.872 x 2.592 píxeles y la superficie fotografiada se aproxima a los 2,00 x 1,50 m. Esto nos proporciona una resolución en el trabajo desarrollado de 1 píxel por cada 0,50 mm². En cuanto al análisis de errores internos de cálculo de los proyectos en la realización de las nubes de puntos en Photomodeler Scanner el error medio cuadrático (RSM) se encuentra entre 0,5 píxeles y 1 píxel.

Con estos datos expuestos, podemos atestiguar que la precisión alcanzada, es decir, la distancia máxima entre la posición real de un punto y la posición estimada del mismo obtenido en el cálculo del modelo virtual estaría entre las 350 µm y 700 µm; dimensiones inapreciables a simple vista y que nos ofrecen realmente un modelo virtual bastante fiel al real.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos de los trabajos en la restitución para la documentación planimétrica podemos establecer que se ha alcanzado los niveles propuestos en los objetivos de partida.

En cuanto a los modelos virtuales de los anclajes podemos ver que la técnica empleada es un método fiable y flexible, lo que hace que sea idóneo para el levantamiento de este tipo de piezas arqueológicas. Además con el trabajo desarrollado se ha establecido un protocolo básico de los procedimientos a seguir para actuaciones similares.

Esta técnica también nos proporciona una forma de conservar el patrimonio arqueológico, además de documentarlo, realizando una virtualización del mismo. Esta parte puede ser tenida en cuenta como una posible línea de investigación en base a virtualizar el patrimonio de forma que pueda estar al alcance de cualquier usuario.

La inversión de tiempo y costo resulta rentable si comparamos el precio del software empleados y el material empleado con los equipos Laser Scanner. El software ASR Digital Image Rectifier de restitución fotogramétrica tiene un precio aproximado de 500 €, mientras que Photomodeler Scanner tiene un precio de 3.000 €, y el equipo de fotografía digital tiene un coste aproximado de 500 €, en total unos 4.000 € frente a los 90.000 € que tiene aproximadamente de coste un equipo Laser Scanner.

Referencias bibliográficas

Almagro Gorbea, A. 2004, *Levantamiento arquitectónico*, Universidad de Granada, Granada.

Barrera Vera, José Antonio. Tesis Doctoral "Aplicación de tecnologías innovadoras en la documentación geométrica del Patrimonio Arquitectónico y Arqueológico" Universidad de Sevilla. (Lectura y defensa Octubre 2006).

Barrera Vera, José Antonio. 2005. *Nuevas tecnologías de levantamiento aplicadas a la arqueología y la restauración: La muralla almohade de Sevilla*.

Cueli López, J.T. 2011, *Fotogrametría práctica: tutorial photomodeler*, Tantín, Santander.

Lerma García, J.L. 2002, *Fotogrametría moderna: analítica y digital*, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

Mora García, R, Céspedes López, M.F, Luois Cereda, M, 2010, *Fotogrametría y nube de puntos aplicado en la documentación del patrimonio construido. El caso de la torre de la Calahorra en Elche*, X Congreso Internacional Expresión Gráfica aplicada a la Edificación, Alicante.

Photomodeler Tutorials, Eos Systems Inc, visitada en Enero y Febrero de 2012, <<http://www.photomodeler.com/tutorial-vids/online-tutorials.htm>>

Photomodeler Scanner Tutorial Videos, Eos Systems Inc, visitada en Enero y Febrero de 2012, <<http://www.photomodeler.com/products/scanner/tutorials.htm>>

Cueli López, J.T. 2011, Tutorial Nº 6. Photomodeler y MeshLab, PuntoarquitecturaSLP, visitada en Febrero de 2012, <<http://www.youtube.com/user/PUNTOARQUITECTURASLP>>

EXPRESIÓN GRÁFICA E INSTRUMENTOS URBANÍSTICOS Y TERRITORIALES EN LOS ÚLTIMOS AÑOS

Miguel REDONDO REDONDO

Universidad de Sevilla
Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería en la Edificación

Resumen

Queremos exponer con este texto un breve resumen de nuestra línea de investigación sobre los importantes cambios producidos en las Técnicas y Herramientas de Expresión Gráfica empleadas en las disciplinas del Urbanismo y la Ordenación del Territorio en los últimos años del pasado siglo XX y durante el siglo XXI.

El "Dibujo de Mapas" ha sido una parte importantísima de la Expresión Gráfica que históricamente hemos estudiado e investigado en nuestros centros.

Las técnicas tradicionales de representación empleadas hasta finales del pasado siglo XX, nos permitían realizar de forma muy costosa y compleja sólo una pequeña muestra de los análisis espaciales que hoy están a nuestro alcance.

Las tecnologías y herramientas GIS y CAD (2D-3D) nos abren un gran número de nuevas posibilidades en la representación gráfica de la ciudad y del territorio.

La generalización de productores cartográficos, y el cada vez más fácil y rápido acceso a su producción, nos exige conocer sus tecnologías para trabajar mejor con ese valiosísimo material.

INTRODUCCIÓN

Las Técnicas de Expresión Gráfica han sido desde la antigüedad y hasta hoy unas herramientas fundamentales para conocer primero y así planificar mejor después el crecimiento de nuestras ciudades.

El avance no ha sido fácil ni rápido. No es hasta finales del siglo XVIII, en el año 1.771, cuando se edita, por el Intendente Pablo de Olavide, el primer mapa completo de la ciudad de Sevilla.

Las técnicas gráficas empleadas eran las mismas que en las Bellas Artes como la Pintura, el Grabado e incluso la Escultura.

Los avances en la precisión geométrica y posicional de los trazados se producían con cierta lentitud hasta que a partir del siglo XVIII llegaron los grandes avances en las Matemáticas, la Geometría Descriptiva y la Geografía y Topografía de la mano de la investigación y experimentación de grandes científicos europeos.

Grandes científicos como Gaspar Monge (1746-1818), Matemático y Geómetra, Johann Carl Friedrich Gauss (1777-1855), Matemático y Físico, y Alexander von Humboldt (1769-1835), Geógrafo y Naturalista impulsaron con sus investigaciones de manera notable al desarrollo de la geometría y la cartografía durante ese periodo histórico.

El 23 de Septiembre de 1.771, Olavide escribe una carta al conde de Aranda, remitiéndole los primeros planos de Sevilla, en la que se dice:

"Hasta ahora no se había sacado Plano alguno de una ciudad tan vasta y numerosa como esta de Sevilla, y siendo difícil comprenderla, era mucho más difícil gobernarla. Desde que S.M. me destinó a ella, procuré se formase uno y se abrió lámina de que se han sacado las adjuntas copias, que no carecen de defectos, pero merecen indulgencia por haberse abierto en la misma Sevilla y ser estos los primeros ensayos que se han hecho en ella. Remito a V.I. 10 para que si los halla dignos pueda presentar uno a S.M. y otros al Príncipe, Princesa, Infantes e Infanta, reservándose V.I. los demás".

Pablo Antonio Joseph de Olavide y Jáuregui (Lima 1725, Baeza 1803)
Asistente de la Ciudad de Sevilla (1767-1778)



En su famoso Plano de la ciudad de Sevilla de 1771 (Archivo Ayuntamiento de Sevilla) se dibuja la primera imagen cartográfica precisa que se dispone de la ciudad en la época moderna.

Levantamiento y Dibujo
Grabado

Francisco Manuel Coelho (Bruselas 1717,)
José Braulio Amat

El contenido de ese mapa, sus autores y el marco histórico cultural que lo hizo posible y sus precisiones y errores cartográficos han sido analizados con detalle por el profesor Ignacio Algarín. Vélez en su Tesis Doctoral (Premio Focus Abengoa de 1.998).

OBJETIVOS

En el comienzo del siglo XX las técnicas gráficas de representación de la ciudad se han alejado ya de la "expresión pictórica".

Los trazados se "vuelven simples y geométricos" a base de recursos gráficos sencillos y casi sin el empleo del color en las masas ni en la geometrías lineales.

Como se puede observar en la siguiente imagen, de una propuesta de crecimiento urbano planteado para Sevilla antes de la Exposición Iberoamericana de 1.929 y finalmente no realizado, el dibujo es monocolor, simple y esquemático y se emplea únicamente distintos grosores y tipos de líneas y técnicas gráficas de rayados o de algunos rellenos de masas negras.

Se incorpora sobre el mismo dibujo una leyenda de simbología que nos informa sobre el significado de los grafismos empleados.

En esta representación de la ciudad, la precisión geométrica es muy alta considerando la tecnología e instrumental técnico disponible cuando se elaboró.

Se trata de una imagen descriptiva simple, que no incorpora elementos gráficos que incrementen los aspectos analíticos de la propuesta que nos muestra. Por otro lado sus autores no se han planteado que tenga unos significativos valores gráficos propios.

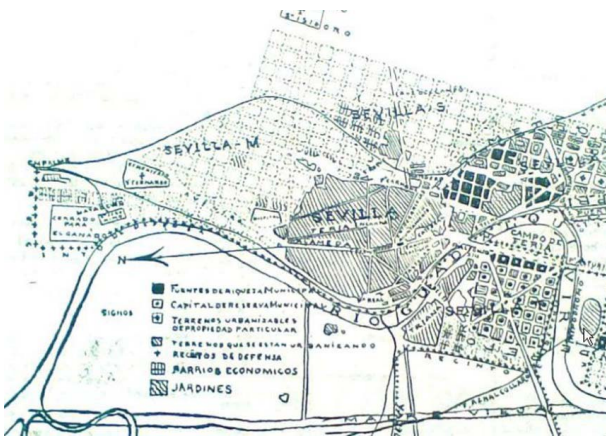


Fig 1. Plan General de Urbanización de los alrededores de Sevilla. 1912. Archivo de Andalucía

En los años 60 se redacta el primer Plan General de Sevilla y se aprecian las nuevas técnicas gráficas que se mantendrán hasta comienzos de los años 80.

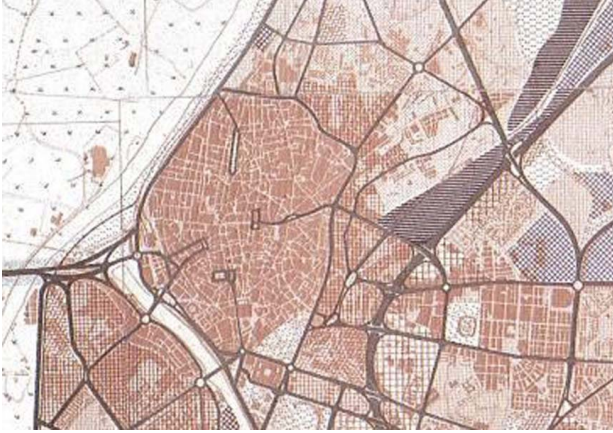


Fig 2. Plan General de Urbanización de Sevilla, 1963.
Gerencia Municipal de Urbanismo de Sevilla. Archivo de Planeamiento

Es la época del dibujo manual sobre papel vegetal o poliéster con estilógrafos de tinta china y se ha extendido el empleo de tramas adhesivas de distintos tipos y estilos.

El estilo de representación y las técnicas gráficas empleadas son una muestra de las tecnologías disponibles en cada momento. Pero también nos trasladan la forma de trabajar e incluso de pensar en esa etapa histórica. De esa manera podemos deducir que aspectos se valoran más de una propuesta de ordenación urbana o bien del lenguaje gráfico empleado se puede analizar que relación existe con otras disciplinas gráficas y visuales.

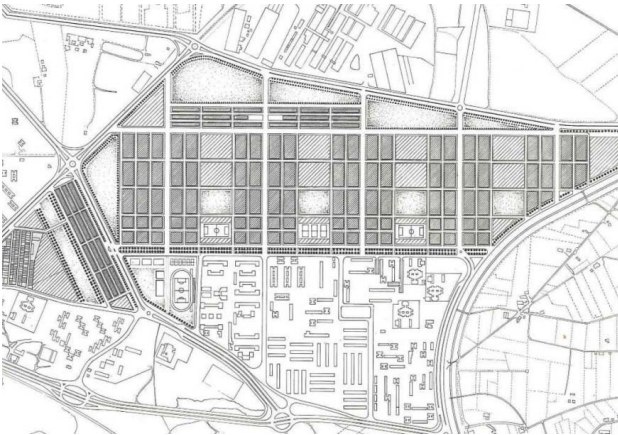


Fig 3. Plan Parcial de Pino Montano, Sevilla, 1982
Gerencia Municipal de Urbanismo de Sevilla. Archivo de Planeamiento

En este dibujo, realizado de forma manual con tinta china, se emplea una técnica bastante diferente a la anterior

La base cartográfica es casi la misma, sin embargo distintos tipos de rayado y punteado han sustituido ya a las tramas adhesivas y cualifican mucha más la representación aportándole además expresividad dentro de un lenguaje sencillo, simple y geométrico.



Veinte años después, las técnicas de representación gráfica de la ciudad recuperan algunas cualidades del dibujo manual de épocas anteriores muy utilizadas entre los siglos XVII y XIX.

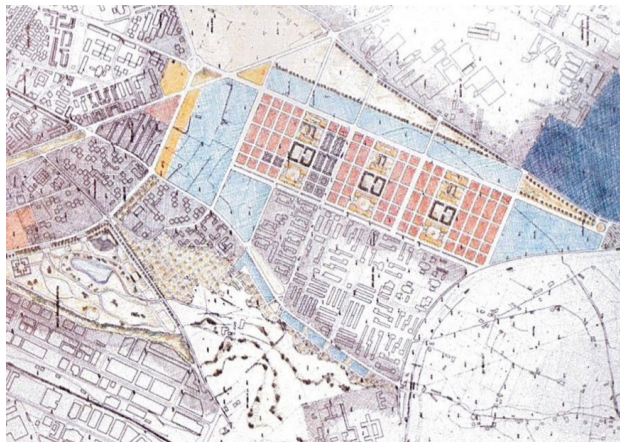


Fig 4. Documento de Avance del Plan General de Urbanización de los alrededores de Sevilla. 1986
Gerencia Municipal de Urbanismo de Sevilla. Archivo de Planeamiento

Podemos ver en como las técnicas de dibujo empleadas se enriquecen y vuelven más complejas aumentando sus cualidades gráficas y "pictóricas".

Este dibujo, realizado con lápices de color recupera de nuevo una técnica menos simple y lineal, creando manchas de color con degradados para enfatizar las zonas de estudio y la tipología de actuación urbana que se propone. El contraste entre zonas "grises" y "coloreadas" nos quiere mostrar el contraste entre tipologías urbanas y también elaborar una imagen de significativa cualidad gráfica y visual por si misma.

772

CONTENIDO

A partir de finales de los años 90 del pasado siglo XX se extiende el conocimiento y manejo, primero de las herramientas CAD y después de los GIS o SIG (Sistemas de Información Geográfica o mejor aún "Espacial". El empleo de ordenadores revoluciona la manera de manejar la aún escasa información territorial y urbanística. Han comenzado ya las enormes posibilidades de trabajar simultáneamente con imágenes ráster y capas vectoriales.

La combinación de información espacial y tablas asociadas con información alfanumérica multiplica la capacidad de mostrar la información sobre el territorio.

Estas nuevas herramientas y tecnologías han supuesto una revolución en la forma de acceder a la información espacial pero también en la forma de trabajar con ella.

Los paradigmas establecidos hasta ahora en la expresión gráfica de la realidad urbana y del territorio debemos revisarlos y formular nuevos modelos para nuestro trabajo e investigaciones.

Las técnicas de superposición de imágenes, transparencias, degradados cromáticos, etc.. ya se encuentran integradas con las propias herramientas de información espacial.

Ahora podemos elegir que fenómenos o realidades físicas podemos representar y visualizarlos de muy diferentes maneras en nuestras cartografías.

Pero también podemos visualizar otros fenómenos de carácter social, cultural, económico o de cualquier tipo siempre que estén asociados a elementos espaciales del territorio.

Las técnicas de Geolocalización permiten volcar cualquier tipo de registro documental sobre un mapa a partir de las direcciones de calles, portales o posición dentro de un viario urbano o territorial.

Numerosas herramientas GIS (algunas OpenSource y de distribución gratuita) tienen implementadas muchas funcionalidades para acceder vía web a servidores de información espacial. Además cada vez implementan más herramientas para realizar Análisis espaciales y Geoprocesos, y lo que también es muy interesante para nosotros, mejorar su capacidad de expresión gráfica.

La interoperabilidad entre formatos y estándares tecnológicos permite interconectar herramientas CAD y GIS y aprovechar la potencia de cada una de ellas en las distintas tareas de dibujo, análisis, edición y recursos para obtener las imágenes finales de nuestros trabajos e investigaciones.

Actualmente el fácil y rápido acceso a la información a través de internet también es una realidad en el campo de la información espacial.

Las Infraestructuras de Datos Espaciales (SDI, Spatial Data Infrastructure) son una realidad que nos permiten acceder a información espacial de referencia y a información temática.

Existen ya cientos de servidores de mapas que nos ofrecen su información a través de servicios interoperables (WMS, Web Map Service, WFS, Web Feature service, etc..) o Centros de Descarga de Información Vectorial o Ráster.

También existen ediciones de datos geográficos de referencia (cartografía básica con distintas resoluciones espaciales) que junto a la propia información que nosotros podamos elaborar para cualquier trabajo o investigación nos permiten muchas posibilidades hasta hace poco impensables.

Los nuevos sistemas de posicionamiento global GPS (o GALILEO más adelante) nos permiten abordar levantamientos en el territorio con gran precisión y rapidez. Las Redes de estaciones GPS permanentes (como la R.A.P., Red Andaluz de Posicionamiento) nos permiten trabajar con comodidad en tiempo real, y comprobar posteriormente en gabinete los datos de los levantamientos realizados en campo, mediante la descarga de las efemérides de las estaciones de la red.

CONCLUSIONES

La evolución en la representación gráfica de la realidad urbana y territorial y de los instrumentos urbanísticos y de planificación ha sido muy grande sobre todo en los últimos años.

De las técnicas pictóricas y del grabado se pasó a representaciones de tipo "técnico" perdiendo a veces esa fuerza e intensidad en aspectos gráficos más expresivos.

Nuevas herramientas y técnicas nos permiten hoy día, con lenguajes adaptados a nuestra actual cultura visual y gráfica, proponer nuevos modelos de expresión gráfica.

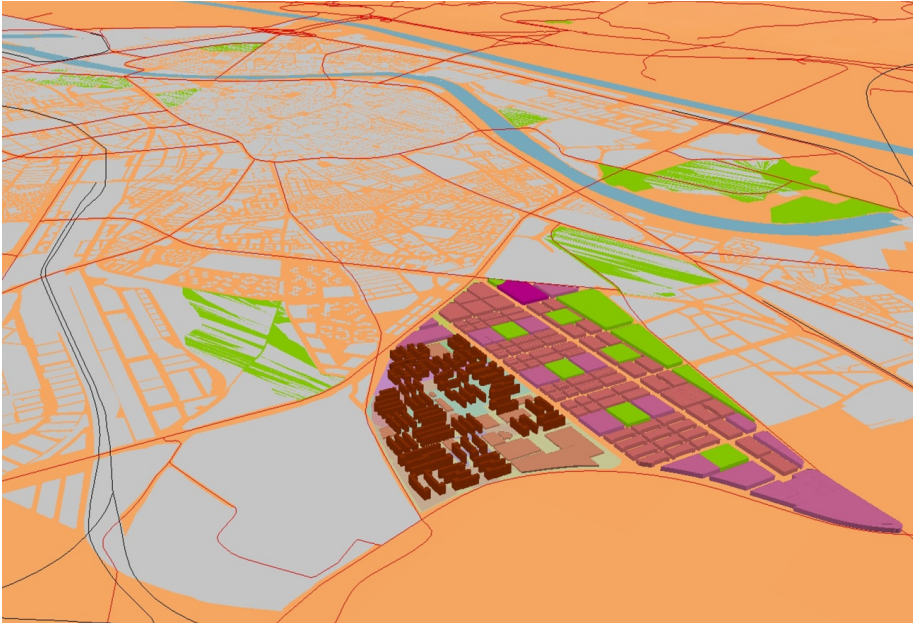


Fig 5. Zona Norte de Sevilla
Plano de Clasificación del Suelo. Plan General de Sevilla 2007.
Volumetría de la Ordenación. Elaboración propia



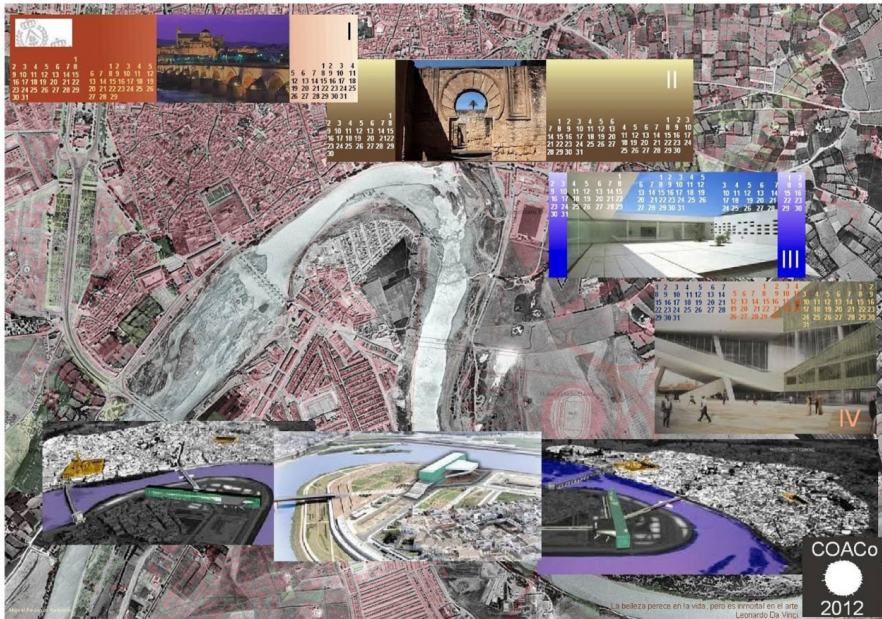


Fig 6. Córdoba, Río Guadalquivir y Palacio de Congresos, Rem Koolhaas y OMA, 2011
Elaboración propia

774

Como hemos podido ver en esta serie de imágenes que presentamos las posibilidades gráficas de las herramientas disponibles, integradas ya con las propias tecnologías de los Sistemas de Información Espacial, nos permiten trabajar en todas las escalas posibles y combinando distintos tipos de datos. Cualquier tipo de tarea que suponga representar un territorio, a casi cualquier escala, se puede abordar con estas nuevas herramientas. Tanto la actividad profesional que se desarrolla en la administración o en el mundo de la empresa permite implementar en sus procesos de trabajo estas técnicas y herramientas.

Debemos avanzar en el estudio de estas técnicas en nuestros centros de enseñanza. De esta manera se amplía la formación de nuestros alumnos y se preparan **profesionales** que en un futuro se encontrarán **bien posicionados**, en una sociedad en la que los equipos de trabajo pluridisciplinares son ya una realidad, y se buscan personas que además de una **sólida formación específica** aporten un **valor añadido** con el manejo de otras disciplinas especializadas como por ejemplo los **Sistemas de Información Espacial**.

Referencias bibliográficas

Miguel Redondo Redondo "Cuestiones urbanas I", Universidad de Sevilla, Ayuntamiento de Sevilla, 2010, página 224.

Miguel Redondo Redondo, MAPPING, "Revista Internacional de Ciencias de la Tierra" N° 121, Octubre 2007

IDEANDALUCIA. El presente y el futuro de un proyecto

Una nueva estrategia de difusión de la producción cartográfica del Instituto de Cartografía de Andalucía RAP, la Red Andaluza de Posicionamiento

www.idee.es

www.ideandalucia.es

www.osgeo.org

<http://inspire.jrc.ec.europa.eu/>

<http://sourceforge.net/>

TRATAMIENTO GRÁFICO DE IMÁGENES GENERADAS CON CÁMARAS TERMOGRÁFICAS CON TECNOLOGÍA DE INFRARROJOS (IR) AL SERVICIO DEL MAPEADO DE ANOMALÍAS EN FACHADAS DE EDIFICIOS HISTÓRICOS.

Fernando RICO DELGADO
Juan José MOYANO CAMPOS
David MARÍN GARCÍA
Juan RINCÓN MILLÁN
Pedro FERNÁNDEZ DE VALDERRAMA APARICIO

Universidad de Sevilla
Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería en la Edificación.

ABSTRACT

The images and graphics generated by applying thermal imaging infrared technology (IR), is very valuable for the inspection and nondestructive testing in the field of construction. The mapping generated by this technology in building facades, detects areas that are faulty transmission of heat energy in the walls, leaking or introduced by them, also reflecting the operating conditions of heating, ventilation and air conditioning, identifying problems and anomalies of these facilities, as well as the proper functionality of the constructive elements that could affect the habitability or safety in the building.

Representative example of application of this procedure has been the inspection of the facade of the former Royal Tobacco Factory of Seville, now houses the Rectorate of the University of Seville. This exercise aims to demonstrate the most common problems of collection, processing and interpretation of graphical data presented by the application of this technology to facades of historic buildings.

INTRODUCCIÓN

Dentro de las técnicas avanzadas en el campo de la inspección y el diagnóstico en la edificación, destacan aquellas que tienen carácter de no destructivas ni invasivas, siendo estas de diversa índole, como las radiológicas, radiografías⁷⁹, tomografías⁸⁰, gammagrafías⁸¹, rayos X, u otras como los ultrasonidos⁸². etc.

Algunas de estas técnicas presentan diversos inconvenientes, y se encuentran sujetas al cumplimiento de una estricta normativa, como ocurre con la radiografía industrial, que presenta además, unos elevados costes añadidos en equipos y medios de seguridad. Es por ello que una de las técnicas más seguras, económicas y fáciles de usar dentro del actual y variado mercado de equipos técnicos, es la termografía infrarroja.

La termografía se basa en que todos los objetos que están a una temperatura superior a 0K (-273°C) emiten radiación infrarroja. La intensidad de radiación infrarroja está correlacionada con la temperatura superficial. Esta diferencia de temperaturas se representa en una escala de grises o de color, que se muestra junto a la imagen, y que sirve como referencia.

Debido a las capacidades no destructivas de este tipo de análisis, ya que estas mediciones se hacen a distancia, los sistemas de medición termográficos son instrumentos indispensables, en una gran variedad de aplicaciones de Investigación y Desarrollo. También en el campo de los procesos industriales lleva utilizándose varios años, pues permite la visualización de temperaturas adquiridas por fricciones en máquinas, motores y componentes, sin interferir en su funcionamiento.

En la actualidad y en el ámbito de la edificación, existen empresas que se dedican a este tipo de análisis, bien mediante el estudio directo por parte de sus técnicos, a través por el alquiler de equipos. En el capítulo de las instalaciones, el mercado ofrece varias posibilidades para encargar estudios concretos mediante imágenes infrarrojas, de puntos determinados que puedan presentar algún tipo de anomalía y/o patología. Esto es debido a que en los capítulos de las instalaciones, son más fácilmente medibles las variaciones de temperatura de los

79 Radiografías: Se utilizan radiografías de pequeña longitud de onda rayos x, que después de atravesar una soldadura impresionan una película fotográfica; los defectos se acusan mediante manchas oscuras, es un método muy utilizado, aunque de coste elevado. Este sistema detecta defectos superficiales e internos.

80 Tomografía: Viene del griego tomos que significa corte o sección y grafía que significa representación gráfica. Por tanto tomografía es la obtención de imágenes de cortes o secciones de algún objeto.

81 Gammagrafía.- Radiografía de las sombras producidas por un cuerpo atravesado por rayos gamma:

82 Ultrasonidos: Se utilizan las vibraciones de alta frecuencia de 0,5 a 5 Megaciclos, que mediante un palpador (emisor/receptor ondas ultrasónicas) son forzadas a atravesar la zona a examinar; la señal puede ser recogida por otro palpador en la cara opuesta o bien por el primer palpador que recoge el eco, producido por la cara opuesta y por los posibles defectos. La señal recogida es convertida electrónicamente en ondas.



elementos que componen el sistema, y por tanto sus anomalías, cuando estos valores oscilan más allá de los parámetros de seguridad establecidos, dentro de las temperaturas conocidas de uso.

Asimismo, algunas empresas especializadas empiezan a utilizar la imagen termográfica, para la comprobación de distintos tipos de materiales, y el comportamiento de estos, en determinadas circunstancias dentro de laboratorios, para determinar los límites de uso de estos materiales, y saber a priori, los resultados que puedan ofrecer en situaciones extremas.

Con respecto a los materiales y los parámetros que puedan aconsejar su uso para mejorar el aislamiento en edificación, por las características propias del elemento, o por el método constructivo utilizado en su ejecución, se podría indicar, que el uso de las imágenes termográficas en la edificación, pueden establecer pautas para la mejora de la eficiencia energética, ya que la actual normativa concede una especial atención al ahorro energético en el sector de la edificación. Dicha norma, aunque destaca la obligatoriedad de su cumplimiento en las obras de nueva construcción, puede ser aplicada a edificaciones ya existentes. Debemos tener en cuenta que esta tecnología tiene, una mayor aplicación, en aras a la detección de anomalías y mejora de la eficiencia térmica, optimizando los recursos energéticos en estas edificaciones antiguas.

Esto último, las pérdidas energéticas detectadas mediante la aplicación de tecnología infrarroja, y la mejora de la eficiencia energética, una vez localizadas y subsanadas estas patologías en fachadas de edificaciones ya existentes, tienen varios aspectos comunes. El ser edificaciones antiguas que presentan deficiencias de diseño y/o ejecución, con uso de materiales constructivos inadecuados, o por haberse realizado en las mismas, reformas posteriores que hayan modificado el diseño o los materiales originales, muestran su máximo exponente en edificios históricos que en la actualidad están en uso, tal es el caso del modelo utilizado para la aplicación en este trabajo. Asimismo debe destacarse que es en estos edificios, donde este tipo de análisis no destructivo adquiere mayor importancia, pudiendo además, identificar otros deterioros superficiales que en extensión o grado implique una intervención urgente.

Además de lo indicado, cabe subrayar la variedad de usos que se derivan de los estudios que con imágenes termográficas pueden realizarse en una edificación. Por ejemplo, la aplicación en informes periciales que sirven para la ilustración gráfica de patologías en el ámbito judicial, en los que al igual que en otros casos, es necesario informar a personas ajenas al mundo de la edificación, que presentan serias dificultades en la comprensión y percepción de deficiencias y/o patologías. El grado real y no percibido a simple vista, se presenta con una ilustración de fácil lectura, que resalta la importancia de la documentación gráfica que acompaña a la información escrita transmitida por el técnico. Con ello se dota a los informes técnicos de una facilidad perceptiva, que incluso será mayor, no sólo por la imagen en sí misma, sino por la asociación de colores social y normativamente conocida, a la magnitud de las patologías detectadas. Es decir, una fotografía visible acompañada de su imagen térmica asociada, será un documento explicativo al alcance comprensivo de cualquier persona, pues se distinguirán sin género de dudas las distintas zonas coloreadas, al aparecer una breve leyenda indicativa de las temperaturas representadas por cada color.

Más allá de un análisis exhaustivo de la termografía aplicada a la edificación, lo aquí expuesto se centra en el protocolo de uso necesario, para la adecuación gráfica de esta técnica, a los requerimientos específicos de la edificación y su integración con el proyecto técnico. Para ello, se propone una metodología de trabajo que en su aspecto gráfico, facilite el análisis y estudio térmico de una fachada en un edificio histórico, tomando como ejemplo la Real Fábrica de Tabacos, actual edificio del Rectorado de la Universidad de Sevilla.

OBJETIVOS

El objetivo principal que se pretende conseguir con esta investigación, consiste en desarrollar los aspectos gráficos de la Termografía Infrarroja aplicados en la edificación como técnica de análisis no destructivo, en la detección de anomalías, patologías y/o pérdidas energéticas en fachadas de edificación. Posteriormente, analizar las ventajas o inconvenientes que la aplicación de la misma pueda tener. Plantear un protocolo de actuación para que el análisis térmico en fachadas sea un instrumento de uso común, viable económicamente, y que facilite la localización en un proyecto técnico, de las zonas de fachadas que presenten deficiencias, ilustrando la subsanación de estas patologías y/o anomalías detectadas a priori.

Dentro del ámbito del estudio de imágenes infrarrojas y su uso en fachadas de edificación, existe una normativa europea vigente en la actualidad⁸³, que especifica de manera genérica dicho uso, dejando el desarrollo y aplicación del mismo a los estados miembros de la comunidad, para la adaptación de dicha norma a las características específicas de cada país.

Teniendo presente las limitaciones propias y/o técnicas en cuanto a material tecnológico disponible, creemos que resulta novedoso, el que dentro del campo de las nuevas tecnologías de diagnóstico por imagen, se

⁸³ Norma EN 13187:1998. Prestaciones térmicas de edificios. Detección cualitativa de irregularidades en cerramientos de edificios. Método de infrarrojos. (ISO 6781:1983 Modificada). (RATIFICADA POR AENOR EN NOVIEMBRE 2000).

realice una investigación específica sobre el uso de imágenes infrarrojas en el análisis de los cerramientos de edificaciones. Ello permitirá establecer en el futuro, un banco de datos de imágenes termográficas, que sirvan como referencia para la detección de patologías, y la mejora de la eficiencia energética y la calidad ambiental de las edificaciones, especialmente en edificios antiguos y/o de carácter histórico. (Rico Delgado, F., 2009)

Es de especial importancia facilitar al que no es experto en la materia, una imagen de patologías en edificación, mediante la ayuda de los elementos gráficos ilustrativos, que subsanen la falta de conocimientos científicos o técnicos relacionados. Por ejemplo, uno de los casos más representativos es el puente térmico en la fachada de un edificio, donde el valor informativo que añade una imagen tecnológicamente avanzada, será en nuestro caso doblemente importante, puesto que se mostrarán aspectos no visibles para el ojo humano.

Como aplicación al análisis que se plantea, se ha elegido un edificio sevillano, que por su singularidad, hemos considerado más apropiado para el objeto de esta investigación, centrándonos en el análisis de una de las fachadas de la Real Fábrica de Tabacos, sede actual del Rectorado de la Universidad de Sevilla.

Dentro del mundo tecnológico referido, es evidente que los equipos que pueden utilizarse, pueden tener un coste muy elevado, y que este coste económico haga inviable para el técnico autónomo una inversión, que solo podría ser amortizada con la aplicación y uso de dicho equipo, en un elevado número de obras o proyectos, y que estos además, fuesen de gran envergadura, lo cual y como se ha mencionado antes, puede quedar subsanado por el alquiler puntual.

El protocolo de actuación que se presenta en este trabajo, pretende dentro del área de la termografía, establecer una ordenación en la interrelación de las imágenes obtenidas con esta tecnología, con otras aplicaciones gráficas y fotográficas, maximizando el uso de un equipo infrarrojo de características medias. Y que esté al alcance del mayor número de profesionales, para que estos consideren la posibilidad de su uso de forma habitual, y como complemento en el desarrollo de proyectos, informes y/o peritaciones que puedan realizar, a la vista de las ventajas que ofrece, este método de análisis.

CONTENIDO

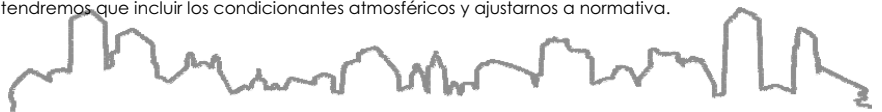
Consideramos que deben existir dos elementos fundamentales para la realización de un estudio mediante termografía infrarroja. El primero, la documentación gráfica que nos permita ilustrar el análisis, y el segundo una breve memoria constructiva, que describa los diferentes materiales constitutivos y/o acabados superficiales, que vamos a encontrarnos en las fachadas a considerar. Si el estudio es un paso previo a una reforma futura ya prevista, será necesario, que la memoria constructiva detalle exhaustivamente los componentes constructivos, para poder posteriormente utilizar estos datos en el proyecto, justificando el cumplimiento del HE1 del CTE.

La necesidad de estos dos elementos supondrá de manera genérica, una primera visita del técnico para recabar información mediante la inspección del lugar, para tomar datos in situ. Podremos solicitar información al propietario/os, y el acceso a la posible documentación relacionada de la que disponga, pudiendo en esta visita, si es necesario, y no existen planos, tomar los datos y mediciones oportunos, que nos permita posteriormente, en nuestro estudio, preparar los croquis o dibujos que se adjuntarán en el informe. Además poder prever los parámetros que definirán la calibración de la cámara y el resto del equipo que vamos a necesitar en el análisis. Un ejemplo claro de esto es la revisión de los valores de emisividad de diferentes materiales en algunas zonas, o la necesidad de utilizar una estación meteorológica portátil, para recabar valores atmosféricos⁸⁴.

También en esta primera visita haremos una estimación previa del tiempo que durará la inspección, y las condiciones necesarias para la visita con el equipo. En nuestro caso y dado el tamaño del edificio, el estudio de la totalidad de las fachadas, podría posponer el trabajo meses, debido a: la necesidad de innumerables visitas por las dificultades y volumen del trabajo exterior, las dificultades de acceso a las dependencias interiores, los permisos y la cantidad de mobiliario que existe, etc. Por todo ello, este trabajo se ha centrado en la fachada de la Avenida del Cid, que comprende en su mayor parte las antiguas Facultades de Derecho y de Filosofía. Independientemente de las jornadas dedicadas a la búsqueda y/o realización de información gráfica, una vez resueltas las solicitudes de acceso, la previsión del número total de visitas a realizar, tendrá en cuenta el escaso margen horario del número de horas de luz, sin que la exposición directa al sol, pueda incidir en los resultados. Dependiendo de la estación anual y la ubicación geográfica del edificio objeto de análisis, las condiciones climáticas imperantes determinarán este margen horario.

Nos encontraremos en determinados trabajos, y dependiendo de las características y uso del edificio, con el tener que realizar alguna visita nocturna, lo cual debe tenerse en cuenta, y así debemos hacérselo ver al propietario, entidad u organismo, pues se puede derivar la necesidad de permisos de acceso a esas horas y también una mayor repercusión en el coste económico, de nuestro servicio como técnicos.

⁸⁴ Debe tenerse en cuenta que si el trabajo a realizar va más allá de una simple inspección y requiere la emisión posterior de un informe termográfico, tendremos que incluir los condicionantes atmosféricos y ajustarnos a normativa.



El principal factor que determina el número de horas estimadas es, evidentemente, la dimensión total en anchura y altura de la fachada. Es pues necesario, en determinadas ocasiones, el uso de medios auxiliares que faciliten el acceso a esas zonas (especialmente en trabajos en altura), o el acceso a propiedades colindantes en el caso de vías, que por sus dimensiones, impidan alejarnos. Esto último ocurre con frecuencia en áreas del casco histórico.

DETERMINACIÓN ELEMENTOS GRÁFICOS NECESARIOS.

Para el comienzo de este tipo de análisis, estimamos que debe haber un número mínimo de planos: un plano de planta general, un plano de alzado y un plano de sección por la fachada. En el caso de edificios de varias plantas, habrá que incluir la planta de cada una de ellas.

En los planos de planta y alzado podremos indicar la orientación del edificio, así como representar las dimensiones acotadas principales. En ellos, realizaremos la subdivisión de las zonas (zonificación) a analizar en horizontal y vertical, para facilitar posteriormente, su localización y su posible mapeado mediante fotomontaje digital. Esta zonificación será necesaria por las características ópticas de las cámaras termográficas, que suelen presentar distancias focales elevadas, que se corresponden con ángulos de visión pequeños (inferior a 30°). Es de destacar, que este tipo de estudios comprende el análisis térmico por ambas caras de la fachada, exterior e interior, siendo en este último, donde se suelen presentar las mayores dificultades en cuanto a ángulos de visión. En el presente trabajo no se presentarán los resultados interiores, que en todo caso tendrán su correspondencia con el exterior, en cuanto a la zonificación.

En el caso que nos ocupa, las dimensiones del edificio son lo suficientemente grandes, como para dificultar su presentación en papel a una escala de detalle, y está más que justificado realizar una segmentación de la fachada general.

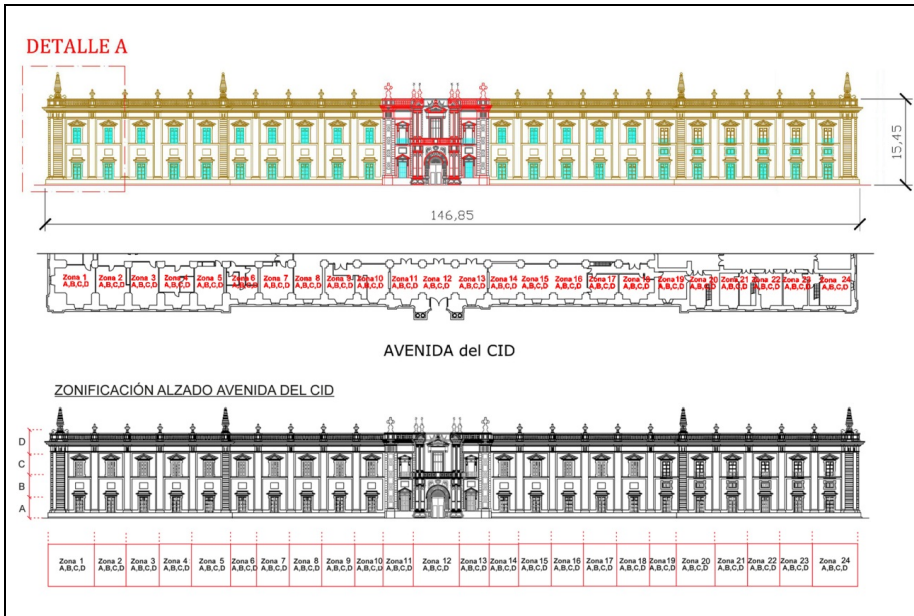


Fig 1. Alzado, Planta baja y zonificación Fachada Avenida de EL CID

Esta segmentación de la fachada, será uno de los elementos importantes en la metodología de trabajo, pues nos permitirá establecer una pauta ordenada y una ubicación precisa final, de los posibles defectos, los cuales podremos situar y analizar globalmente, en el plano de alzado general.

Es necesario en este caso, realizar la subdivisión de zonas no sólo en el plano de planta, sino también en el de alzado, y si se diese el caso, de una elevada altura y/o variaciones en esta de las características del muro de fachada (por ejemplo el espesor), se tendrá que realizar igualmente, en el plano de sección por la fachada. Como propuesta lógica, indicar que la segmentación que planteamos, está numerada de izquierda a derecha (del observador enfrentado), y de abajo hacia arriba (en orden creciente de plantas).

La zonificación no tiene porqué ser una retícula geométrica uniforme, pues consideramos que son los elementos arquitectónicos observados, los que establecerán, con sus posibles variaciones, la forma y límites de la misma. Variaciones de revestimientos, espesores, pinturas o colores de las mismas, pueden tener una incidencia en la propia emisividad⁸⁵ del conjunto del cerramiento, y es por ello que se vuelve a incidir, en la importancia de la observación y el conocimiento técnico en edificación.

Igualmente debemos tener en cuenta las características que la óptica de la cámara, y el espacio circundante, nos permita, a la hora de establecer estos módulos o zonas, dando por supuesto, que una fachada de reducidas dimensiones simplificará todo este proceso.

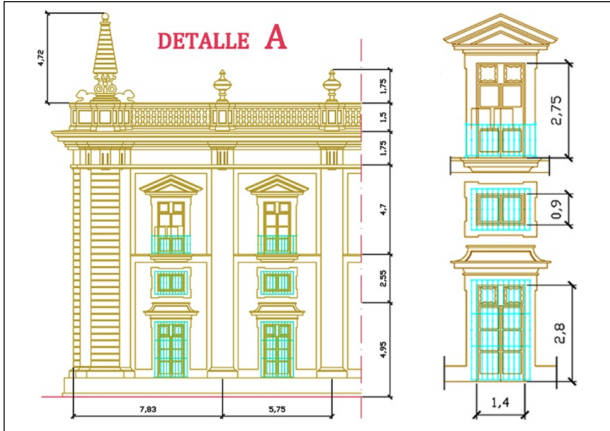


Fig 2.- Acotación de alturas en detalle.

En la aplicación de este procedimiento, el detalle A que aparece en la figura 2, e indicado en el alzado a la Avenida de El Cid, nos permite dada la escala, observar con más detalle y dimensionar en altura y anchura tanto los módulos repetitivos, como los huecos existentes en los mismos y que posteriormente serán necesarios.

Posteriormente, será necesario representar tanto en horizontal, como en vertical, las distintas ubicaciones desde las que han sido realizadas las tomas termográficas.

Debe tenerse en cuenta que las condiciones óptimas para la toma de imágenes, hubiese requerido la utilización de medios auxiliares de elevación, por ejemplo plataformas elevadoras, tipo camilla de tijeras o de cubeta articulada. Este tipo de medios sería el adecuado, y nos permitirá realizar el

estudio pormenorizado, de las zonas que aparecen con posibles defectos y se encuentran por encima de la planta baja, siendo por tanto inaccesibles. Además compensaríamos los ángulos de enfoque en las partes superiores, ya que, como es el caso, la existencia de otros elementos como edificaciones, árboles, o mobiliario urbano nos impiden alejarnos de la fachada.

Como se puede apreciar en la figura 3, en la fachada orientada a la avenida de El Cid, podemos distinguir dos zonas o módulos diferenciados, en cuya ampliación y sección vertical abatida podemos distinguir, que en el módulo 1 los huecos son dos: uno en planta baja y otro en planta primera, mientras que en el módulo 2 aparecen tres huecos, diferenciándose de la anterior, por la aparición de una ventana en una entreplanta baja existente, y por la presencia de un hueco de la planta primera que es un balcón.

En el supuesto de otros tipos de edificaciones de mayor elevación, tendrán que tenerse en cuenta estos aspectos y la previsión de medios auxiliares adecuados, que pueden generar costes económicos añadidos. En nuestro caso, las deformaciones ópticas que se obtendrán en las termografías, serán corregidas posteriormente mediante software de tratamiento digital de imágenes, cuestión que no debe preocuparnos, ya que las posibles zonas detectadas en la parte superior, susceptibles de una mayor deformación, mantendrán las proporciones y distancias, con respecto a los elementos arquitectónicos en las que estén encuadradas, y como punto de partida en el diagnóstico, quedarán perfectamente delimitadas.

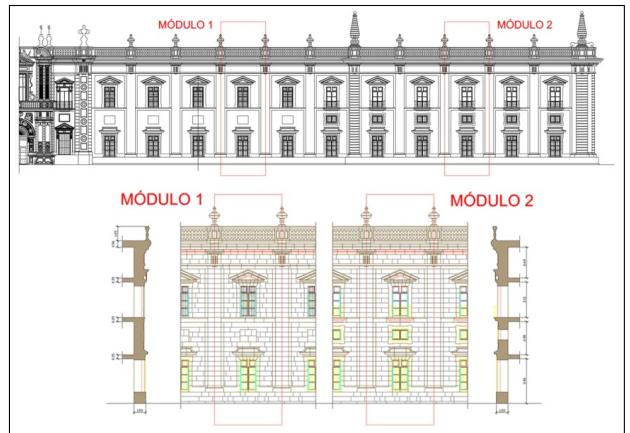


Fig 3.- Identificación de módulos repetitivos y acotación interior.

⁸⁵ La emisividad de un material especifica cuál es la fracción de radiación de cuerpo negro que es capaz de emitir el cuerpo real. La emisividad depende de la longitud de onda de la radiación, la temperatura de la superficie, el acabado de la superficie y el ángulo de emisión. Su valor está comprendido entre 0 y 1, y en materiales habituales en construcción, suele oscilar en valores cercanos a 0,9.



Una vez anotados los valores de humedad, presión atmosférica, velocidad, dirección del viento y temperaturas tanto en el interior como en el exterior del edificio, procedemos a comprobar, para confirmar, la ubicación de las tomas exteriores, encontrándonos con la limitación propia de la cámara al no tener un objetivo gran angular, y a los árboles que rodean las fachadas del edificio, por lo que decidimos aumentar el número de puntos, con el objetivo de poder superponer posteriormente las imágenes, y realizar el mapa termográfico completo de la fachada.

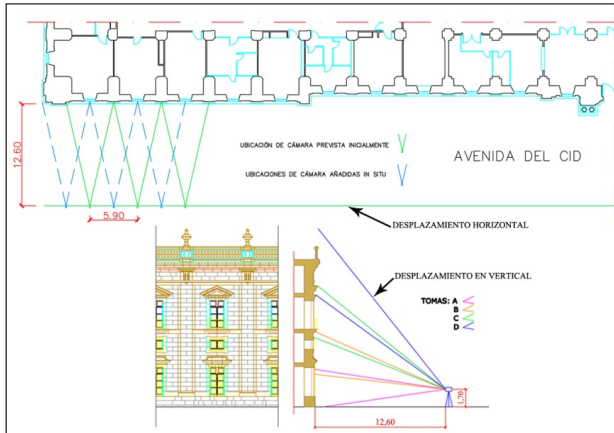


Fig 4.- Ubicación y desplazamiento de cámara termográfica.

La distancia máxima en la que podemos situarnos alejados, con respecto a la fachada de la Avenida de El Cid, es de 12,60 metros en la perpendicular a la misma, y con la ayuda del trípode, establecemos una altura de 1,70 metros, como puede apreciarse en la figura 4.

Comprobamos asimismo que en la fachada a la calle San Fernando la distancia de separación de fachada debido a los árboles perimetrales, se reduce considerablemente, a 9 metros, con lo que las tomas denominadas C y D, y especialmente esta última podrían, en una futura continuación del estudio, quedar excesivamente deformadas por la perspectiva, lo cual nos obligaría, como se ha dicho, a utilizar medios auxiliares elevadores para la planta primera y la balaustrada superior.

CONCLUSIONES

Las ventajas del uso de esta tecnología son: El análisis a distancia y no destructivo, la inmediatez con la que podemos observar las zonas que presentan anomalías térmicas en una fachada, posibilidad de delimitar estas zonas gráficamente, comprobar si estas anomalías se ajustan a un patrón de patología conocida, determinar la evolución de defectos a lo largo del tiempo, delimitar previamente zonas que vayan a ser objeto de restauración o reforma, creación de registros en imágenes que nos permita comprobar el comportamiento térmico de la fachada en distintas épocas del año, verificar la existencia e importancia, o no, de puentes térmicos, etc.

Como inconvenientes encontramos: Los trabajos en fachadas de grandes dimensiones requieren la utilización de equipos con ópticas adecuadas, en interiores los campos de visión ópticos son reducidos en los equipos de bajo coste, y obligan a la realización de un número elevado de tomas, necesitamos equipos auxiliares que determinen condiciones ambientales, es posible que no tengamos acceso a fachadas en plantas elevadas, lo cual implicará utilizar otros medios auxiliares de elevación o búsqueda de ubicaciones apropiadas, el trabajo posterior en nuestro estudio, puede ser laborioso en la composición de imágenes y la edición y redacción de informes, podemos encontrarnos en la necesidad de retirar elementos adosados a fachada o encontrar elementos ajenos al edificio (mobiliario urbano, vegetación) que nos obligue a un mayor número de termografías y fotomontajes posteriores.

Entendemos que las ventajas indicadas son mayores que los inconvenientes, y que el método propuesto alcanza los objetivos planteados, pues establece una metodología de trabajo basada fundamentalmente en la planificación y conocimiento de las limitaciones, que el sistema puede plantear a priori.

El trabajo de campo propuesto, nos facilitará la documentación gráfica necesaria para el desarrollo del protocolo, y nos permitirá gestionar y optimizar, la que será generada por el software específico que acompañe al equipo térmico, y la producida por el resto de equipos necesarios en las mediciones complementarias, como las condiciones atmosféricas.

La planificación con la visita anterior al desplazamiento con el equipo completo, nos anticipará la recogida de datos y la previsión de dificultades, permitiendo que posteriormente, en el trabajo de gabinete, dichas imágenes estén perfectamente ubicadas y detalladas, facilitando su tratamiento e inserción en los informes posteriores.

En el manejo de la información gráfica obtenida, debemos tener en cuenta, que utilizaremos varios tipos de archivos digitales, que no en todos los casos serán compatibles entre sí para la publicación definitiva en Word o PDF, y debiendo por tanto tener conocimientos elementales en la conversión de archivos o capturas de imágenes, si son necesarias en esta publicación.

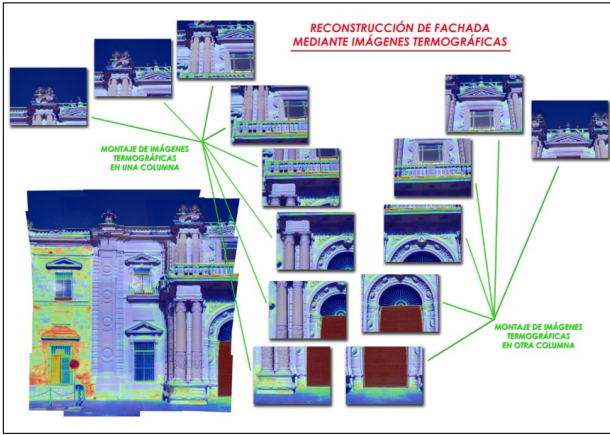


Fig 5.- Proceso de fotomontaje imágenes térmicas.

Tendremos que tener presente, que en las composiciones en las que se utilicen varias imágenes para la restitución térmica de una fachada completa, utilizaremos un software de edición de imágenes tipo Photoshop o PhotoPaint, y que no será posible la edición termográfica de estas composiciones finales, para la adición de zonas o puntos con valores de temperatura numéricos, pues la imagen habrá perdido sus características radiométricas, una vez importadas del software específico del equipo termográfico.

Es por tanto conveniente que el técnico que trabaje con imágenes de este tipo, tenga nociones en el manejo de programas de edición de imagen digital, y prevea con anterioridad a la exportación de imágenes térmicas a TIFF, BMP o JPG, los resultados que puedan aparecer.

En la adición de planos tendremos que trabajar con archivos de CAD y extensiones DWG o DXF, que nos resultarán muy útiles para la reconstrucción 3D y la posibilidad de verificación mediante programas similares a LIDER o los desarrollados por CYPE.

Por último comentar que en los casos en los que tengamos que analizar fachadas sin disponer de medios de elevación, los ángulos que pueden producirse con respecto a tomas a nivel del suelo, pueden deformar las imágenes e invalidar las lecturas. Esta deformación de la perspectiva puede ser subsanada posteriormente (hasta cierto punto), en cotas no muy elevadas, con los programas de edición mencionados. Pero en fachadas en las que no podamos alejarnos (por ejemplo en calles estrechas típicas de cascos históricos), otra posibilidad puede ser, el gestionar permisos de acceso a edificaciones próximas, que nos permitan nivelar las tomas térmicas.

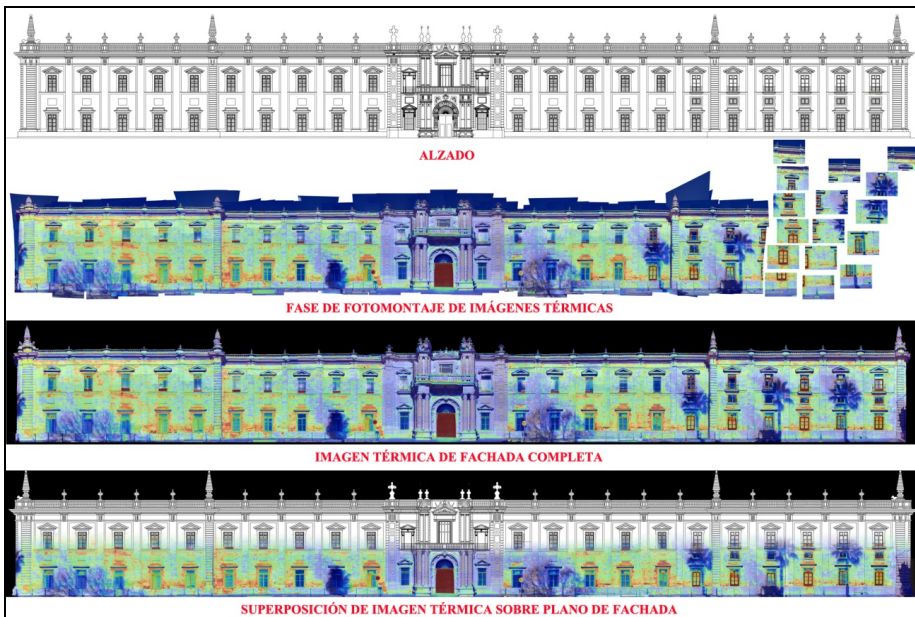


Fig 6. Fases de fotomontaje en fachada completa



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMOND, D. and PATEL, P., 1996, *Photothermal Science and Techniques*, Chapman & Hall, 1ª edición, London.
- AMERICAN SOCIETY FOR NONDESTRUCTIVE TESTING, ASNT, 2001, *Infrared and Thermal Testing, Nondestructive Handbook on Infrared Technology*, Volume 3, ASNT Handbook Series, X. Maldague technical ed., P. O. Moore ed., 3rd edition, Columbus, Ohio.
- BALARAS, C. A; ARGIROU, A. A., 2002, *Infrared thermography for building diagnostics*. Energy and Buildings, vol. 34, pp. 171-183.
- CIELO, P., MALDAGUE, X., DÉOM, Alain A. and LEWAK, R., 1987, *Thermographic Nondestructive Evaluation of Industrial Materials and Structures*, Mater.Eval., Vol 45, pp. 452-460.
- DATSKOS, P.G. and LAVRIK, N.V., 2003, *Detectors - Figures of Merit in Encyclopedia of Optical Engineering*, Ed. R. Driggers, Marcel Dekker, New York, pp. 349-357.
- EN 13187: 1998. *Thermal performance of buildings. Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes*. Infrared method (ISO 6781 : 1983 modified).
- GAYO MONCÓ, E., 2001, *La humedad como causa de patologías en monumentos: Desarrollo de nuevas técnicas de análisis no destructivo basadas en termografía infrarroja*. Tesis Doctoral. Madrid: Universidad Complutense.
- GONZÁLEZ, R.C., WOODS, R.E., 1993, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley Comp., New York.
- GÓNZÁLEZ FERNÁNDEZ, D. A., 2006, *Contribuciones a las técnicas no destructivas para evaluación y prueba de procesos y materiales basadas en radiaciones infrarrojas*. Tesis Doctoral. Universidad de Cantabria.
- GRINZATO, E; VAVILOV, V; KAUPPINEN, T., 1998, *Quantitative infrared thermography in buildings*. Energy and Buildings, vol. 29, pp. 1-9.
- HARALABOPOULOS, D. A; PAPARSENOS, G. F., 1998, *Assessing the thermal insulation of old buildings. The need for in situ spot measurements of thermal resistance and planar infrared thermography*. Energy Conversion and Management. vol. 39. Pp. 65-79.
- IBARRA-CASTANEDO, C., MALDAGUE, X., , 2004, *Pulsed Phased Thermography reviewed*, QIRT Journal, volume 1, issues 1, pp. 47-70.
- IBARRA-CASTANEDO, C., 2005, *Quantitative Subsurface Defect Evaluation by Pulsed Phase Thermography: Depth Retrieval with the Phase*, Ph. D. thesis, Université Laval.
- INCROPERA, F.P, De Witt, D.P., 1999, *Fundamentos de Transferencia de Calor*, 4ª. Ed., Prentice Hall, México.
- KAPLAN, H., 1999, *Practical applications of infrared thermal sensing and imaging equipment*, Segunda Edición, Tutorial Texts in Optical Engineering, SPIE PRESS, Vol. TT34.
- LI, Z; YAO, W; LEE, S; LEC. C; YANG, Z., 2000, *Application on infrared thermography technique in building finish evaluation*. Journal of Nondestructive Evaluation. vol. 19, pp. 11-19.
- MALDAGUE, X., 2000, *Applications of infrared thermography in non-destructive evaluation*, Trends in optical non-destructive testing and inspection, editors P. Rastogi y D. Inaudi, Elsevier, pp. 591-609.
- MALDAGUE, X., 2001, *Theory and Practice of Infrared Technology For Non-destructive Testing*, Ed. John Wiley & Sons, New York.
- MARTIN, R.E., GYKENYESI, A.L., SHEPARD, S.M., 2003, *Interpreting the Results of Pulsed Thermography Data*. Materials Evaluation, vol. 61 n. 5, pp. 611-616.
- ORTEGA ANDRADE, Francisco., 1994, *Humedades en la edificación*. 2ª ed., Sevilla.
- RICO DELGADO, F., 2009, *Modelo de diagnóstico por imágenes en edificación mediante la aplicación de tecnologías avanzadas*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
- WIGGENHAUSER, H., 2002, *Active IR-applications in civil engineering*. Infrared Physies & Technology, vol 43. pp. 233-238.
- ZUR, A., KATZIR, A., 1992, *Theory of non contact point thermal sensing by fiber-optic radiometry*. Applied Optics, Vol. 31, No. 1, pp. 55-68.

FOTOGRAMETRÍA DIGITAL AUTOMATIZADA (SFM) CON APOYO AÉREO DE PROXIMIDAD

Pablo RODRÍGUEZ-NAVARRO

Universitat Politècnica de València
Dpto. Expresión Gráfica Arquitectónica

Abstract

The current renaissance of Photogrammetry creates a space for new research given the need to simplify this whole process of first obtaining and then more specifically managing the data in order to reach the ultimate goal; to create a three-dimensional model that accurately represents the architecture in terms of its morphological aspects and as well as those of its color and texture. This objective is leading us back to the passive 3D sensors, i.e. the Photogrammetry, that when many thought it had been overcome with expensive and accurate laser scanners, has reappeared stronger providing greater simplicity and economy (in terms of both time and cost) and asserting its strongest point; the photographic image, which provides us with quality photorealistic rendering. Following we will see what we call Automated Digital Photogrammetry or SFM (Structure From Motion), their applications, advantages and special features

ANTECEDENTES

Hoy en día asistimos a un avance continuo en los procesos de obtención de datos para la generación de modelos tridimensionales. Ciertamente el desarrollo tecnológico en este sentido no parece tener límite, llegando a un nivel altísimo de precisión con la utilización de los sensores 3D activos, es decir, los escáneres láser. No obstante, la gestión de esta gran cantidad de datos viene siendo, desde sus inicios, la gran dificultad del propio sistema.

Este hecho crea un espacio para la investigación dada la necesidad de simplificar todo el proceso de obtención y sobre todo de gestión de datos, para llegar al objetivo último que es la representación tridimensional del hecho arquitectónico, creando un modelo que incluya, no sólo sus características morfológicas, sino también las de textura y color.

Este objetivo nos está llevando de nuevo a los sensores 3D pasivos, es decir, a la Fotogrametría, que cuando ya muchos pensaban que se había superado con los costosos y precisos escáneres láser, vuelve a surgir con más fuerza, aportando mayor sencillez y economía (tanto de tiempos como de costes), y haciendo valer su punto más fuerte, la propia imagen fotográfica, que nos aporta la calidad de representación fotorrealística.

SFM (STRUCTURE FROM MOTION)

Así llegamos a lo que denominamos Fotogrametría Digital Automatizada o SFM (Structure From Motion), que se basa en la toma de una secuencia fotográfica de un objeto, para de forma automática y bajo los parámetros marcados por el operador, crear un modelo que incluye la obtención de la nube de puntos, la generación de mallas poligonales y la inclusión de texturas fotorrealísticas. La alta precisión del sistema (M. DONEUS, 2011) y la baja desviación existente frente a los modelos obtenidos a partir de datos provenientes de escáneres láser (RODRÍGUEZ-NAVARRO, 2012), ya han quedado demostradas.

Cabe distinguir este sistema automatizado de otro muy similar que se denomina Fotogrametría Multimagen (ALONSO RODRÍGUEZ, CALVO LÓPEZ, 2010), en el cual el operador debe de realizar labores manualmente, como son por ejemplo la calibración de la cámara fotográfica o la identificación de puntos homólogos.

Sin embargo, mediante la Fotogrametría Digital Automatizada, será el propio software quien basándose en la secuencia de imágenes realizará todo el proceso de reconstrucción de forma automática. Esta serie de imágenes se realizará con cualquier cámara fotográfica, desde cualquier posición, y con los únicos condicionantes de que el objeto a reconstruir sea visible al menos desde tres puntos de vista, y que los archivos de imagen mantengan la información EXIF (fabricante y modelo de la cámara, distancia focal utilizada en la toma, velocidad de obturación, abertura de diafragma,...) La preceptiva calibración de la cámara, corrección de la deformación esférica de la imagen creada por el objetivo, y la orientación en la escena de cada una de las tomas, serán elaboradas en este caso directamente por el software, sin ningún requerimiento previo al operador. Esta información se puede consultar para aplicar estos datos en otro software que no lo realice automáticamente.

El procedimiento a seguir se inicia con la descarga de las imágenes y su posterior alineación. Aquí el programa busca la identificación de puntos homólogos mediante un algoritmo que discrimina la información de cada pixel. El resultado de esta primera fase es la obtención de una nube de puntos 3D conformada por todos los puntos homólogos detectados, obteniendo así la corrección de las imágenes y la posición de las cámaras



(lugar desde donde se realizó la toma fotográfica).

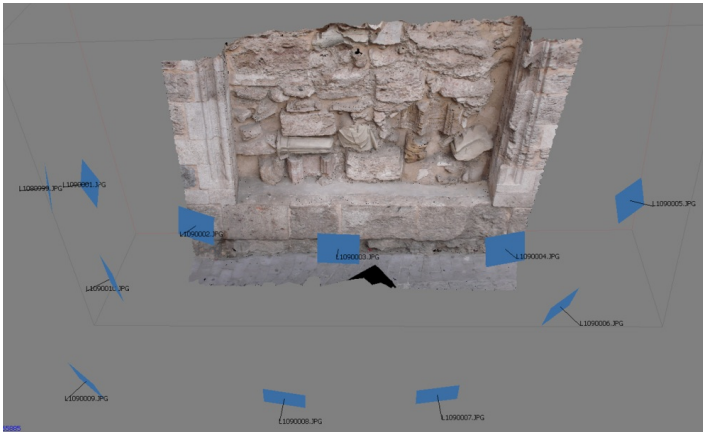


Fig 1. Modelo con la disposición de las distintas cámaras orientadas

La fase siguiente es la construcción de la geometría. Basándose en los datos de las posiciones de las cámaras y las distintas fotografías se reconstruye la maya de polígonos en 3D (*mesh*) generando así la superficie del objeto. Cuando se procede en esta fase de construcción poligonal el operador puede determinar la densidad de polígonos, lo que determinará la exactitud con respecto a la verdadera forma del objeto. Cabe destacar que el número máximo de polígonos viene determinado más por las limitaciones del hardware que por los propios datos necesarios, ya que las fotografías disponen de elevadísimas cantidades de píxeles.

784

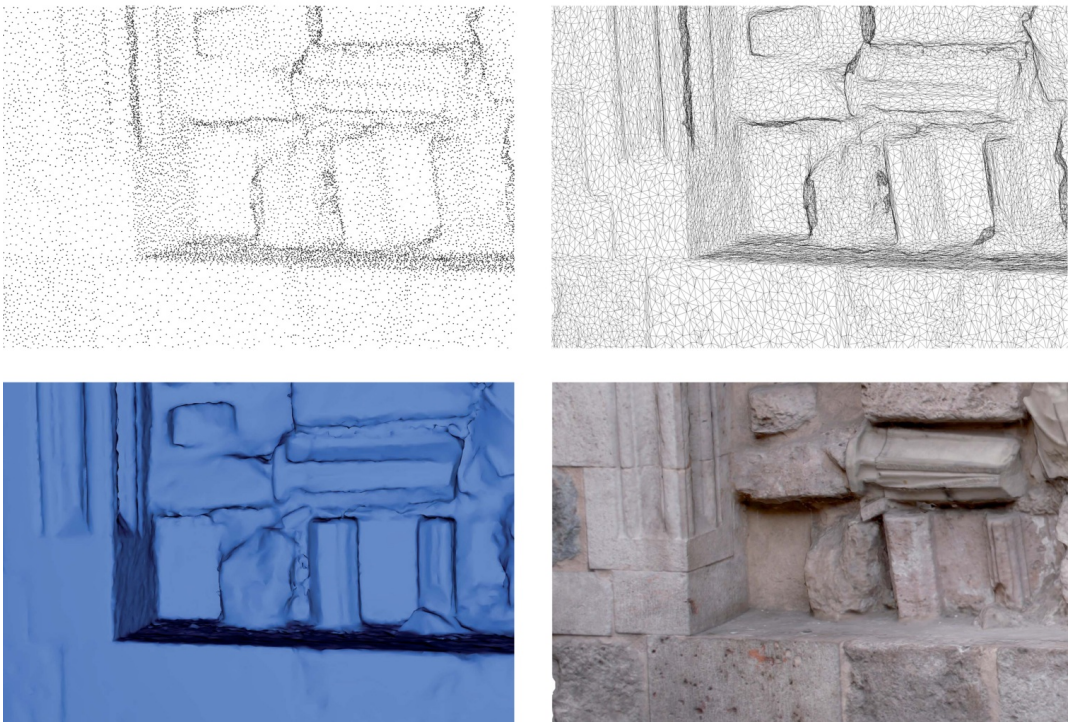


Fig 2. Fases de creación del modelo 3D: nube de puntos homogéneos, malla poligonal, superficie y textura fotográfica

Podemos ver que toda la información para la creación del modelo se obtiene de la secuencia fotográfica, por lo que el sistema ya nos indica dónde deberemos de centrar nuestros esfuerzos, dónde deberemos analizar las

necesidades del software, y con estos requerimientos cómo deberemos de realizar las tomas, punto clave para la obtención de un resultado satisfactorio.

LA TOMA FOTOGRÁFICA

La unidad de información contenida en la imagen fotográfica es el pixel. Este dispone de información RGB que será comparada de forma algorítmica con la información de otra imagen que contenga en parte la misma escena. El sistema, como se ha dicho, se basará en la localización de puntos homólogos, es decir, de píxeles homólogos; si fotografio el mismo elemento con la misma cámara y desde dos puntos de vista, cada fotografía contendrá en distinto lugar parte de la información de la anterior.

Para que esto se cumpla, es decir, para que dos tomas fotográficas contengan la misma información RGB en parte de sus píxeles, porque han sido tomadas observando la misma escena desde dos puntos de vista distintos, debemos de controlar el proceso de captura en tres niveles: la luz, el color y la nitidez.

La luz

El sistema está basado en la secuencia fotográfica del objeto, de forma que se van realizando instantáneas al tiempo que nos vamos desplazando para variar el punto de vista. Incluso en objetos que podamos rodear, deberemos de fotografiar desplazándonos en torno a él (360°). Además deberemos de tener la precaución de que todas sus superficies hayan sido fotografiadas desde al menos 3 puntos de vista distintos. Esta secuencia fotográfica va a obligarnos a fotografiar el mismo objeto con distintas incidencias de luz sobre la cámara. Ante estos cambios luminicos los fotómetros de las cámaras promedian las cantidades de luz de forma que nos varían las tonalidades sobre el mismo objeto; el caso más claro sería cuando fotografio el objeto a contraluz ya que me aparecerá mucho más oscuro, mientras que si vario el punto de vista se aclarará sustancialmente.

Debemos buscar una iluminación continua del objeto y evitar la incidencia de esta directamente sobre el objetivo de nuestra cámara. Para ello podremos buscar días nublados que evitan iluminaciones contrastadas y extremas; en todo caso podremos utilizar el fotómetro de la propia cámara para obtener la luz real del objeto y no la media de la escena (nos deberemos ayudar de la función de bloqueo de la exposición); en interiores debemos de garantizar una iluminación continua a base de luz artificial por encima de la escena y evitando o tapando las iluminaciones laterales provenientes de huecos y ventanas.

El color

Con el propio control de la luz estamos favoreciendo la representación continua del color de un objeto determinado en distintas tomas, pues al fin y al cabo el color no es más que la reflexión de la luz no absorbida. Pero además, para la determinación de la escena tridimensional nos hacen falta cambios cromáticos entre los distintos elementos, con el objeto de distinguirlos entre ellos; de esta forma se identificarán claramente los puntos homólogos y no se crearán confusiones entre píxeles de distintos elementos con una información RGB similar. El caso más claro a evitar son las superficies de colores continuos, como por ejemplo un cielo despejado. Otro caso igualmente desaconsejable es el de elementos del mismo color que se fotografian sobre un fondo del mismo color, como por ejemplo una escultura de mármol blanco sobre una pared pintada en blanco. En estos casos se generarán puntos homólogos inexistentes que aparecen a modo de estelas entre las superficies, creando artefactos no deseados a la hora de construir la geometría.

Estos problemas de continuidad de información RGB en superficies distintas pero alineadas al punto de vista se pueden controlar mediante la elaboración de máscaras previas a la introducción de las imágenes en la fase de alineación. Esta creación de máscaras está disponible en algunos de los software existentes en el mercado, aunque es más recomendable realizarlo con alguno específico de edición de imágenes, como es el caso de Photoshop.

También es importante la obtención de un color verdadero en el sentido de obtener unas fotografías que nos servirán como base para la creación de texturas que aplicaremos sobre el modelo, como veremos más adelante. El problema es obtener el color real partiendo de paletas de color digital; la utilización de archivos raw que nos permitan modificar el equilibrio de blanco y la compensación de negros, así como el control de las sombras propias, es también un tema a tener muy en cuenta para optimizar los resultados de la texturas del modelo 3D (FANTINI, RODRIGUEZ-NAVARRO, DI TONDO, 2012).

La nitidez

Las fotografías disponen de una franja nítida que se denomina profundidad de campo. Delante y detrás de esta franja el objeto queda desenfocado, es decir, falto de nitidez. Si utilizamos una serie de imágenes con el objeto de duplicar la toma de un elemento y una de ellas no está nítida, el procedimiento de identificación de puntos homólogos determinará que no existen coincidencias donde verdaderamente las hay.



A la hora de realizar el reportaje fotográfico deberemos de tener en cuenta que todo el objeto se encuentre dentro de la franja nítida, dentro de nuestra profundidad de campo. Si estamos fotografiando elementos relativamente lejanos, es decir, a partir de unos 8 metros de distancia, seguramente nuestro objetivo ya esté en posición de enfoque de infinito (∞) por lo que todo aparecerá nítido. Sin embargo, en distancias más cortas, deberé controlar el foco del elemento procediendo a priori a disparar con las aberturas más pequeñas, ya que éstas me proporcionan las mayores profundidades de campo posibles en mi cámara. Con estas aberturas de diafragma deberé estar atento a las velocidades de obturación, ya que si bajo de 1/60 segundos deberé utilizar un trípode y un disparador a distancia (de no disponerlo utilizaré el disparo mediante temporización).

786



Fig 3. Alzado y planta del modelo tridimensional y parte de la secuencia fotográfica utilizada en su realización

PROYECCIÓN DE TEXTURAS SOBRE EL MODELO 3D

Una vez creado el modelo poligonal y convertido en superficie nos resta la realización de la proyección de las texturas fotorrealísticas, de forma que finalicemos con un modelo virtual, al que ya podremos exportar a diversos lenguajes según sea nuestro objetivo.

Las texturas se obtienen de las propias fotografías, y la integración es automática y muy fiable, ya que precisamente son el punto de partida de toda la reconstrucción. La calidad final de la textura irá en función de la calidad de la toma, siendo los límites de ésta los propios límites del resultado. Los programas SFM existentes en el mercado nos facilitan la elección de la resolución de salida del modelo, de forma que podamos generar un archivo de una resolución acorde a su utilización posterior.

La creación de la textura y su proyección sobre el modelo es uno de los factores más interesantes del proceso de reconstrucción de un modelo virtual (GUIDI, G., RUSSO, M., BERALDIN, J-A., 2010). El sistema SFM tiene aquí una de sus mayores virtudes. Su automatización no sólo nos garantiza su precisión, sino que además es uno de sus puntos fuertes en cuanto a economía de tiempos. Para crear estas texturas en modelos obtenidos mediante mallas provenientes de nubes de los escáner láser, el proceso de postproducción requiere de una fase amplia de elaboración y manejo de distintos software, tanto para la calibración y orientación de la cámara como para la creación de los mapas de texturas y su proyección final (RODRIGUEZ-NAVARRO, 2012).

Con este modelo hiperrealista podremos obtener ortofotos y secciones del modelo, así como exportar a formatos interactivos como Adobe PDF3D, pudiendo controlar la visualización incluso del plano de corte, así como una navegación completa, tan sólo con un software tan habitual como el Adobe Acrobat.

En cuanto a los parámetros de escala y resolución, hay que señalar que al tratarse de un levantamiento basado en el píxel como unidad, el tamaño del modelo dependerá del número de estos; por ello es necesario tomar una medida del modelo real para poder escalar posteriormente el resultado. Es una buena práctica incorporar dos dianas con distancia conocida antes de realizar las tomas, lo que facilita la posterior identificación y escalado.

Cabe señalar que este sistema facilita el levantamiento 3D en lugares distantes, en donde la logística deja de ser un factor secundario para convertirse en decisivo, y siendo además un proceso de fácil integración con otros sistemas de levantamientos más tradicionales como puedan ser los levantamientos directos con apoyo topográfico (RODRIGUEZ-NAVARRO, P., FANTINI, F., GIL PIQUERAS, T., 2012), hace que dispongamos de nuevas posibilidades en la planificación de nuestro proyecto de levantamiento.

DESARROLLO DEL CAM-DRONE

Todos los sistemas de obtención de datos denominados terrestres, tienen la dificultad de incorporar zonas no visibles debidas a la falta de altura del observador. Si bien este inconveniente no es apreciable en elementos de baja altura, se hace patente, por razones obvias, en la mayoría de los levantamientos de modelos arquitectónicos.

La variación del punto de vista de las tomas fotográficas del modelo deben de recoger todas sus superficies desde al menos tres visiones diferentes. De no ser así nos quedarán zonas por definir, que se denominan sombras o huecos, y que me impedirán la obtención final de la reproducción virtual.

Nuestra aproximación está siempre condicionada por la accesibilidad, y suele ser una visión desde un plano inferior, que garantiza toda la parte más próxima, pero que manifiesta sus carencias en modelos más grandes, como es el caso de la arquitectura.

Las sombras más habituales aparecen en todos los elementos volados que están por encima de nuestra altura de toma, y que suele ser alrededor de 1,70 mts. Estos elementos no pueden ser reproducidos en su parte superior, pues no son visibles desde nuestro punto de vista. Igualmente ocurre con las cubiertas y otros elementos en disposiciones altas. Otro caso similar son las construcciones que tienen fachadas y elementos recayentes a zonas inaccesibles, como por ejemplo castillos u otras construcciones situadas en acantilados y laderas.

Una de las soluciones adoptadas para resolver esta falta de accesibilidad a puntos elevados ha sido la utilización de pequeños zepelines dirigibles. No obstante no han tenido mucho éxito debido a la imposibilidad de elevarlos con viento (aunque sea relativamente suave), el costosísimo helio necesario en cada vuelo (salvo que se disponga de un gran garaje y una gran camioneta para desplazarlo hinchado) y la imposibilidad de utilizarlo en zonas no accesibles (pues debe ir sujeto siempre por una línea de seguridad).



Por otro lado los drones de uso profesional existentes en el mercado no están al alcance de cualquiera, pues para cubrir nuestras necesidades los encontramos a partir de 30.000 euros. Sin embargo, la capacidad para realizar las tomas fotográficas e incluso para la realización de vídeos, nos ha llevado a plantear el desarrollo de un *drone* de bajo coste, es decir, un prototipo de aerotransportador que incorpora una cámara fotográfica, estando controlados ambos por radio frecuencia, y que hemos denominado *Cam-Drone Q4* (cámara en vuelo no tripulado).



Fig 4. Vuelo del *Cam-Drone Q4* para las tomas fotográficas

Así se ha partido de un cuadricóptero de entretenimiento existente en el mercado, en concreto el Lotus T380, que ha sido aligerado y modificado. Concretamente se ha realizado un nuevo tren de aterrizaje, soporte y sistema anti-vibraciones, mayoritariamente a base de carbono, que hemos diseñado para albergar una cámara Leica D-lux3. El peso inicial con batería era de 610 gr. y se ha logrado un peso en vuelo con la cámara de 800 gramos, lo que aún deja espacio a la gobernabilidad del nuevo *Cam-Drone Q4*. Con este sistema hemos conseguido completar las secuencias fotográficas que nos han permitido cerrar el modelo tridimensional con la ausencia casi total de sombras, al tiempo que se nos han abierto nuevas posibilidades de levantamientos antes descartados.

Los resultados han sido muy satisfactorios, lo que nos ha llevado al desarrollo actual de un nuevo *Cam-Drone Y6* (tres brazos con dos motores invertidos por cada brazo) al que ya le hemos incorporado una placa con GPS y acelerómetros, con lo que intentaremos cubrir las mejoras necesarias: mayor potencia para la instalación de una cámara D-SLR, sistema GPS para poder volar con viento más fuerte, y la capacidad de plegado para mejorar su transporte.

Concluimos con la convicción en que la Fotogrametría ha recuperado un lugar en la primera línea de los métodos avanzados para la obtención de modelos tridimensionales, siendo una alternativa más que aceptable en muchos levantamientos del patrimonio arquitectónico, teniendo sus puntos fuertes basados en la economía, la automatización del proceso de postproducción y la inclusión de texturas fotográficas de alta calidad.



Fig 5. Alzado del modelo tridimensional y parte de la secuencia fotográfica obtenida por el Cam-Drone Q4

Referencias bibliográficas

Doneus, M., Verhoeven, G., Fera, M., Briese, Ch., Kucera, M. and Neubauer, W., 2011. "From deposit to point cloud – A study of low-cost computer vision approaches for the straightforward documentation of archaeological excavations" in *16 Conference on Cultural and New Technologies*, Viena.

Fantini, F., Rodríguez-Navarro, P., Di Tondo, S., 2012. "Il problema della mappatura del colore nei modelli digitali 3D a displaced subdivision surface da rilevamento laser scanner in ambito archeologico", in *VIII Color Conference*, Bologna.

Guidi, G., Russo, M., Beraldin, J-A., 2010. *Acquisizione 3D e modellazione poligonale*, Mc Graw Hill, Milán, pp. 279-321.

Rodríguez-Navarro, P., 2012. "La fotogrametría digital automatizada frente a los sistemas basados en sensores 3D activos", in *Revista EGA*, Valencia, nº. 19.

Rodríguez-Navarro, P., Fantini, F., Gil Piqueras, T., 2012. "Integrated methodology for urban survey and representation of the Morocco's High Atlas earth architecture", in *18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia*, Milán.



TECNOLOGÍA BIM: Del dibujo literal al dibujo paramétrico

María ROLDÁN MÉNDEZ
Norena MARTÍN DORTA
Jorge DE LA TORRE CANTERO

Universidad de La Laguna
Departamento de Expresión Gráfica en Arquitectura e Ingeniería

Introducción. ¿Qué es BIM?

BIM es el acrónimo de "Building Information Modeling", que se podría traducir como (Modelado de Información del edificio) (Picó, 2008). Building Information Modeling (BIM) es un concepto amplio que ha sido definido de varias maneras en la literatura. En primer lugar, las siglas BIM puede usarse para referirse a un producto (modelo de información de edificios, es decir, un conjunto de datos estructurados que describen un edificio), una actividad (lo que significa el acto de la creación de un modelo de información de edificios), o un sistema (construcción de gestión de la información, las estructuras empresariales de trabajo y comunicación aumentan la calidad y eficiencia) (Lehtinen, 2010). El Instituto Americano de Arquitectos ha definido BIM como una tecnología basada en el modelo ligado a una base de datos de información del proyecto (Golzarpoor, 2010).

BIM es una forma de trabajo, una herramienta que facilita la conexión de todas las personas relacionadas con la construcción, arquitectos, arquitectos técnicos, constructores, instaladores... que deberían trabajar en equipo, pero la realidad no es así porque no hay una buena comunicación entre los diversos participantes del proyecto. Todos los que intervienen en cualquiera de las fases del ciclo de vida de un edificio suelen trabajar con herramientas que sólo permiten gestionar partes de la información muy reducidas y acotadas a ámbitos muy concretos (Picó, 2011). La construcción de un edificio implica la participación de una gran diversidad de profesionales que suelen pugnar continuamente unos con otros a pesar de que tengan intereses comunes. Conocer estas circunstancias es esencial para entender cuál es el interés general de la Tecnología BIM y cuáles son sus aplicaciones en el mundo actual. Esta tecnología debe sus orígenes en la búsqueda de soluciones a problemas relacionados con la comunicación y el control, aptitudes esenciales en la construcción de un edificio (Picó, 2011). Las tecnologías BIM puede ser visto como los ejemplos de las tecnologías de colaboración, ya que se utilizan para intercambiar información sobre proyectos y promover el trabajo colaborativo entre los diferentes participantes en un proyecto de construcción (Lehtinen, 2010). BIM puede actuar como un lugar de trabajo común para los diferentes participantes del proceso de construcción, como se muestra en la Figura 1. (Anne Kathrine Nielsen , Søren Madsen, 2010).

790

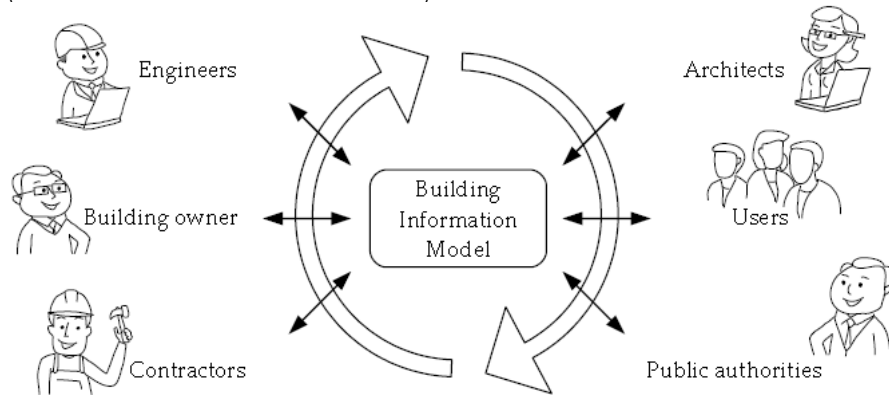


Figura 1 BIM y algunos de los participantes en el proceso de construcción (Anne Kathrine Nielsen , Søren Madsen, 2010).

Se espera que BIM traiga importantes mejoras de productividad en la industria de la construcción desde la década de 1980, pero su implementación y difusión ha demostrado ser más lenta y más difícil de lo esperado (Lehtinen, 2010). Puede ser útil hacer uso de un modelo que contiene toda la información necesaria sobre un edificio, a fin de optimizar el proceso de construcción. Dicho modelo se puede definir como un modelo de información de la construcción. El proceso de recopilación de información producida por los arquitectos, ingenieros, delineantes y los contratistas, entre otros, se puede definir como la construcción de un Modelo de Información (Anne Kathrine Nielsen , Søren Madsen, 2010). Los modelos BIM, además de ser un modelo en tres

dimensiones (información gráfica), incorporan información relevante del proyecto (información no gráfica), la cual queda guardada en la base de datos asociada al modelo. Building Information Modeling gestiona el diseño del edificio y datos esenciales del proyecto en formato digital de todo el ciclo de vida del edificio, con el objetivo de que los procesos estén totalmente integrados y altamente automatizados en la industria de la construcción (Lehtinen, 2010). BIM puede ser utilizado para gestionar el ciclo de vida completo de construcción, incluyendo los procesos de operación de construcción y las instalaciones. Las propiedades comunes de los materiales, tanto cualitativas como cuantitativas, pueden ser extraídas fácilmente. BIM va más allá de la geometría y se ocupa de cuestiones tales como la gestión de costes, gestión de proyectos y proporciona una manera de trabajar simultáneamente en la mayoría de los aspectos del ciclo de vida de la construcción. (Golzarpoor, 2010). La figura 2 muestra la tecnología BIM con algunos de los elementos que pueden formar parte de él (Anne Kathrine Nielsen , Søren Madsen, 2010) .

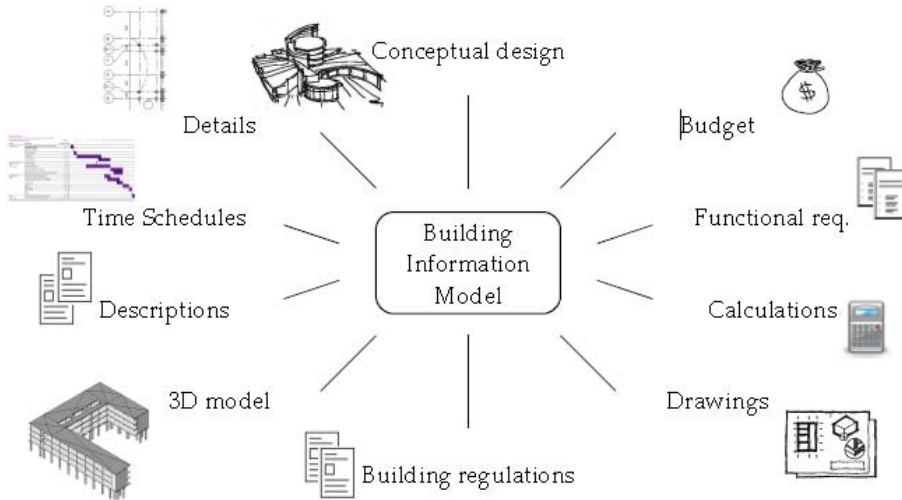


Figura 2 La tecnología BIM con algunos de los elementos que pueden formar parte de él (Anne Kathrine Nielsen , Søren Madsen, 2010) .

BIM es un enfoque para el diseño de edificios, eso implica el uso de un modelo de construcción digital creado a partir de información coordinada, coherente que permite el diseño de todo el edificio de análisis, la toma de decisiones más rápida y mejor documentación (Golzarpoor, 2010). La característica de un modelo BIM es que éste posee un grado de "inteligencia", dada por dos particularidades:

- El Diseño Paramétrico, son caracterizados por parámetros y reglas que determinan la geometría del edificio.
- y lo que se conoce por Bidireccionalidad Asociativa, lo que permite gestionar los cambios durante el diseño.

Estas dos características nos permiten que al hacer una modificación en el modelo, automáticamente todas las vistas (2D) generadas a partir de este se actualizan, eliminando posibles inconsistencias. La definición paramétrica de objetos, permite que un sólo objeto almacenado (ventana, puerta, escalera, techo, columna, etc.) represente a muchos objetos similares cambiando simplemente su altura, su espesor, el tipo de material y otros parámetros.

Las principales ventajas son:

- Empieza a cambiar la manera tradicional de diseño-dibujo-presentación. El dibujo bidimensional ya no es el punto de partida. Lo es el modelo tridimensional creado con componentes, basados en parámetros (puertas, ventanas, muros, techos, pisos, columnas, escaleras etc.).
- Cambia la manera de producir la información. El dibujo se vuelve consecuencia del conjunto de componentes y al revés. Si diseñamos con elementos que están formados por entidades de dibujo en lugar de componentes, sería tan similar como trabajar con una maqueta física, hacer los cambios implicará en muchos casos rehacer el modelo.
- Si los componentes se basan en parámetros, estos podrán cambiarse en cualquier momento, el tiempo de ejecución será cada vez menor y los resultados serán visualizados de forma inmediata.
- Además de los componentes, incluye también las propiedades, partes y números de estos, para generar cuadro de cantidades así como las relaciones espaciales y geométricas. Todos ellos relacionados en una base de datos con la finalidad de optimizar el proceso de diseño y construcción dentro del concepto del



Building Information Modeling "BIM" se está convirtiendo en uno de los más conocidos procesos establecidos en la colaboración del sector de la construcción. Los propietarios exigen cada vez más los servicios BIM de los gestores de la construcción, arquitectos y empresas de ingeniería. Muchas empresas de construcción están invirtiendo en tecnologías "BIM" durante la licitación, pre-construcción, construcción y post-construcción. (Hergunsel, 2011).

Reseñas Histórica de la Tecnología BIM.

Los conceptos y metodologías de trabajo que hoy en día se incluyen bajo el término BIM datan de hace más de treinta años. Prueba de ello es que en 1975 Charles M. Eastman ya describía su concepto de "Building Description System" con las siguientes palabras:

"interactively defining elements...deriving sections, plans, isometrics or perspectives from the same description of elements...Any change of arrangement would have to be made only once for all future drawing to be updated. All drawing derived from the same arrangement of elements would automatically be consistent...any type of quantitative analysis could be could be easily generated...providing a single integrated database for visual and quantitative analyses...automated building code checking in city."

Pero la historia de trabajar con programas informáticos empezó mucho antes, en 1957 El Dr. Patrick J. Hanratty que se le conoce como "el padre de CAD" por sus contribuciones pioneras en el campo de diseño asistido por ordenador. En 1968 Donald Welbourn vio las posibilidades de usar ordenadores para ayudar a dibujar formas tridimensionales complejas, y en 1973 se desarrolló la manera de construir sólidos 3D por ordenador. En 1979 Mike y Tom Lazear desarrollaron el primer software de CAD. En 1982 Autodesk tenía como objetivo crear un programa de CAD para PC. También en 1982 ArchiCAD crea la primera plataforma informática que usó BIM, con el llamado "Virtual Building Solution" (Edificios Virtuales), le siguió Allplan, de la empresa Alemana Nemetschk. En 1984 fue el comienzo de la Compañía Graphost, que empezó a desarrollar un programa de CAD en 3D. En 1985 Keith Bentley, de la empresa Bentley Systems, proporciona funciones avanzadas de diseño asistido por ordenador (Tjell, 2010). El primer documento que apareció con el término "Building Model" fue probablemente el que escribió Robert Aish en 1986, se trataba de una aplicación que permitía el modelado tridimensional a través de elementos paramétricos, extracción automatizada de documentación, bases de datos relacionales, planeamiento según fases, etc. El software fue utilizado con éxito en el diseño y construcción de la terminal 3 del aeropuerto de Heathrow. Bastante más tarde, encontramos el término completo, "Building Information Model" en un artículo de G.A. Van Nederveen y F. Tolman "publicado en Diciembre de 1992" en la revista *Automation in Construction*. Se reconoce a Jerry Laiserin como el responsable de que el término BIM se popularizara a partir de su artículo "Comparing Pomes and Naranjas", escrito en 2002 donde defendió su adopción universal para identificar las aplicaciones destinadas a crear modelos de información de edificios (Picó, 2011). En el año 2002, Gehry Technologies, crea el software *Digital Projects*, su forma de trabajo se llamó "Integrated Project Models" (Modelo integral de proyectos). Ya en el 2002 Autodesk compró la compañía Revit Technology Corporation, con el objetivo de entrar en las plataformas BIM, con el software Revit. "Building Information Modeling" (El modelo de información de edificios) (BIM) es un término relativamente nuevo, para describir un enfoque innovador para el diseño de edificios y construcción.

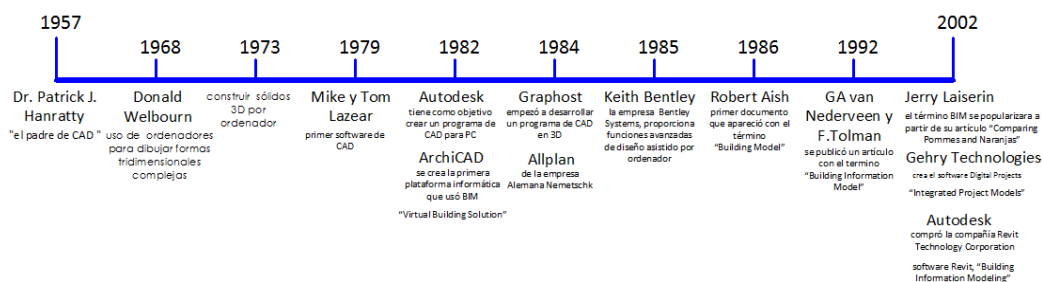


Figura 3 La tecnología BIM en el tiempo

Tecnología BIM: ventajas e inconvenientes.

Actualmente las herramientas de CAD (Computer Aided Design) se han implantado de forma generalizada en los entornos de trabajo de todos los interventores en el proceso constructivo. Todo el mundo utiliza herramientas informáticas, pero el nivel tecnológico de su uso ha sido, en general, bastante bajo. Las

razones son múltiples y van desde la falta de formación hasta los prejuicios que todavía tienen hacia estas herramientas los profesionales del sector. Sea como sea, la mayoría del software de CAD se emplea para tareas que emulan las antiguas técnicas manuales. En el campo del diseño, se ha informatizado la delineación y el modelado tridimensional, las memorias se hacen con procesadores de textos y las mediciones con aplicaciones especializadas. Todos los implicados trabajan mediante representaciones bidimensionales, tridimensionales o alfanuméricas, físicas o digitales, de los aspectos que quieren estudiar. Tantas como se necesiten. El problema es que estas representaciones no están necesariamente conectadas entre sí (una planta y un alzado pueden ser perfectamente incoherentes si no se pone mucha atención en su creación), así que cada representación evoca, en el fondo, un objeto diferente. Paradójicamente, a pesar de que un edificio es una entidad unitaria y global, hay que estudiarlo y desarrollarlo a partir de infinidad de representaciones que sólo tienen en común lo que está en la mente de sus creadores o de los que las han de interpretar. Así, se generan plantas, secciones, representaciones tridimensionales, maquetas, bases de datos de mediciones, etc. para cubrir el máximo de aspectos posibles del proyecto que se desarrolla. Cada representación se ocupa de una parte muy determinada del edificio. Esto tiene dos problemas: no se puede asegurar que todas las partes encajen a la hora de la verdad y no existe la certeza de que estén todas. De hecho, nunca encajan y nunca están todas. El modelo de una planta arquitectónica, por ejemplo, está formado por las representaciones en planta de las puertas, el mobiliario, la estructura y de todo aquello que nos interese que intervenga en esta simulación en concreto. Estos mismos elementos aparecerán en una sección que los atraviese, pero sus representaciones no mantendrán ningún vínculo con las que están en la planta. Así, una misma fachada podrá tener espesores diferentes si no nos cuidamos de evitarlo. Como las representaciones que forman los modelos están desvinculadas, estos son independientes entre ellos y, por tanto, su fiabilidad es siempre relativa (Picó, 2011).

La tecnología CAD fue innovadora, ya que sustituyó el lápiz (o pluma) por un ratón, se informatizó los dibujos para después sacarlos en papel, por lo que facilitó el proceso de dibujo. Por ejemplo, los ángulos rectos se pueden extraer fácilmente en CAD y CAD puede copiar líneas tantas veces como se desee sin la necesidad de medir manualmente. Sin embargo, la introducción de CAD en la industria de la construcción no ha cambiado el proceso de construcción, sino que el mismo método se ha utilizado durante siglos y se sigue utilizando. Por ejemplo, un arquitecto imagina una idea, un edificio en 3D, en respuesta al proyecto de su cliente. En ella, se nutre de diferentes perspectivas y ángulos para mostrar lo que es y luego tiene que reconstruir la idea en 3D de una representación gráfica en 2D, por lo general en forma de planos de planta, secciones y elevaciones. Los modelos en 2D se le dan al equipo de construcción, formado por ingenieros y constructores (Méndez, 2006).

La primera generación del software CAD dependió de las entidades objetos. Estas entidades sólo representaron las propiedades geométricas de los elementos arquitectónicos. Con la actual generación emergente de los sistemas CAD, un nuevo concepto permite la transferencia a un Modelo de Información integrada para la Construcción, con el verdadero potencial del modelado de objetos arquitectónicos. En teoría, estos objetos proporcionarán todos los datos relacionados al diseñador, describiendo la geometría, así como los datos pertinentes, asociados con la forma en que se utiliza el objeto realmente. Diferentes niveles de conocimiento deben ser incluidos, como la información geométrica, que debería ser lo suficientemente flexible como para dar cabida a cualquier tipo de modificación de la forma, manteniendo la integridad del objeto como una unidad y sus relaciones con otros objetos.

La idea de productos CAD basados en BIM (Building Information Model o Modelo de Información para la Construcción), se ha previsto como la manera ideal de representar edificios de manera digital. El sector de la construcción tradicionalmente ha transmitido la información de los proyectos de edificación mediante dibujos con notas y especificaciones. La tecnología CAD automatizó ese proceso. Sin embargo, el software para costos, planificación y programación no han trabajado como parte integral del CAD, que el BIM si lo hace. Finalmente, se da cuenta de los alcances de la tecnología de la información y la ayuda que brindan dichas herramientas para la integración de proyectos, los cuales representan una ventaja no solo para arquitectos e ingenieros, sino también para el propio cliente, ya que éste puede conocer por adelantado muchos aspectos del proyecto y el impacto económico que pudieran tener los cambios en la obra (Rivera, 2008). Cuando trabajamos con un formato BIM, tenemos que cambiar nuestra forma de pensar, ya que nos hemos acostumbrados a trabajar con el formato CAD.

Una diferencia importante en los procesos de trabajo con CAD, es el intercambio de información que se hace entre los participantes del proyecto en forma de un conjunto de planos, mientras que con BIM, la información se intercambia en forma de modelos virtuales (ver Figura 3) (Lehtinen, 2010).



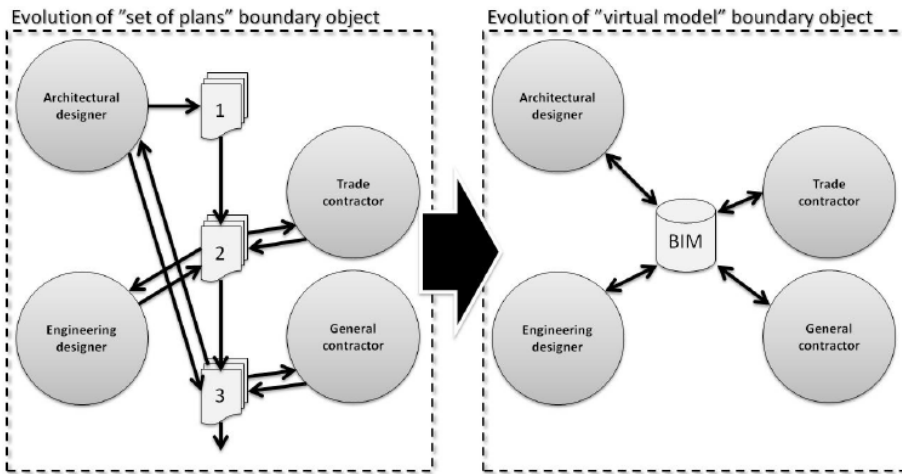


Figura 4 BIM y algunos de sus contenidos (Lehtinen, 2010).

BIM se define en términos generales como "un conjunto de políticas que interactúan, procesos y tecnologías generando una metodología para gestionar el diseño del edificio y datos esenciales del proyecto en formato digital en todo el edificio del ciclo de vida" (Lehtinen, 2010).

En el campo de la AEC (Architectural, Engineering, and Construction), el Modelo de Información de Edificación (BIM) busca facilitar la administración efectiva del uso compartido y el intercambio de información de edificación a lo largo del ciclo de vida completo de todos los proyectos. BIM permite el intercambio del modelo entre el ingeniero, arquitecto, gerente de construcción, y los subcontratistas. En las reuniones, el encargado de la construcción y el subcontratista puede aportar sus conocimientos de expertos para la construcción del equipo de diseño. Por otra parte, el gerente de construcción pueden usar los modelos de información de edificios para generar informes de factibilidad de construcción, coordinar, planificar, programar y estimación de costos (Hergunsel, 2011).

Building Information Modeling es básicamente una plataforma digital para la creación de edificios virtuales. Si se aplica BIM, un modelo debe ser capaz de contener toda la información necesaria para colaborar, predecir y tomar decisiones respecto al diseño, construcción, operación, el costo y el mantenimiento de una instalación antes de la construcción (Tjell, 2010). Una característica importante de la BIM es la capacidad tridimensional. (Méndez, 2006). Las tecnologías 3D permiten hoy en día la realización de modelos tridimensionales de un proyecto, durante la etapa de diseño, planificación y programación, siendo comúnmente usadas por empresas de arquitectura, ingeniería y construcción (Rivera, 2008). Uno de los propósitos de BIM es obtener una mejor colaboración entre los participantes y un flujo de trabajo continuo que se producen más simultáneamente. Un objetivo adicional de BIM es minimizar la entrada de información al proyecto. Esto se puede lograr ya que toda la información pertinente a la construcción está en un modelo común. Otra posible ventaja de BIM, es reducir los fallos de diseño y construcción. Las diferentes disciplinas de la ingeniería a menudo tienen diferentes modelos. Por ejemplo puede haber un modelo con los elementos estructurales, un modelo con instalaciones eléctricas y mecánicas, un modelo con instalaciones de calefacción y ventilación y así sucesivamente. A menudo, los ingenieros y delineantes trabajan en conjunto con cada disciplina. En ese sentido, un modelo BIM, donde los elementos de todas las disciplinas se reúnen, pueden contribuir a reducir los fallos de diseño y construcción, por ejemplo, debido a la posibilidad de comprobar los errores entre elementos (Anne Kathrine Nielsen, Søren Madsen, 2010).

Se espera que BIM aporte numerosas ventajas y mejoras significativas en la productividad en la industria de la construcción. En general, BIM facilita la administración de todos los datos necesarios para el diseño, construcción, uso y mantenimiento de edificios. Más específicamente, BIM aumenta la calidad de la construcción, permitiendo un mejor soporte para la toma de decisiones y mejorar la calidad del diseño y rendimiento a largo plazo de los edificios. BIM puede reducir los costos de un proyecto y el ciclo de vida completo de un edificio dándole mejores maneras para la reutilización de la información del proyecto esencial y permitir el uso de tan sofisticadas herramientas de análisis en su ciclo de vida. Además, BIM puede reducir los riesgos, proporcionando una mayor fiabilidad en el control presupuestario y aumentar la eficiencia mediante la reducción de tiempo de diseño para permitir que se analice el ciclo de vida del edificio y la evaluación de múltiples alternativas (Lehtinen, 2010).

BIM se refiere a un entorno de trabajo que coordina y asocia sistemas de representación geométrica y elementos descriptivos del edificio. Integra una base de datos (BD) que contiene toda la información del edificio que se pretende diseñar, construir o usar, permitiendo un mantenimiento y actualización automática, haciendo uso de la tecnología paramétrica que tanta trayectoria tiene ya en el ámbito de la ingeniería industrial. El sistema BIM tiene muchas ventajas: al ser un sistema que está totalmente conectado/ vinculado, es un sistema muy organizado por lo que hay una reducción clara de errores, los documentos son claros y precisos, reduciendo así los fallos de diseño y construcción (no solo en su diseño arquitectónico, sino en su estructura, en las instalaciones...) se optimiza los recursos, no se trabaja más. Esto hace que haya una visualización más real y comprensión del proyecto, aumentando la productividad y planificación, con menos coste de diseño y mejorando la calidad del mismo, consiguiendo edificios más eficaces. No es solo para proyectos nuevos, se puede usar para reformas, rehabilitación...

Casos de estudio de la Bibliografía científica

En este apartado tratamos de recoger los distintos casos de estudio que se han aplicado la tecnología BIM en las distintas fases del ciclo de vida de una construcción. Se detallan a continuación distintas aplicaciones documentadas en la literatura científica desde el año 2006 hasta la actualidad:

- **Caso de estudio 1: "BIM aplicado al uso de la edificación"**: Este proyecto tiene la intención de explorar la aplicación BIM en la construcción de proyectos. En lugar de la práctica actual de almacenamiento de documentos planos, memoria, CD... BIM permiten al diseñador transferir la información al propietario del edificio proporcionándole una valiosa colección de información acerca de la construcción generada desde el comienzo del proyecto. Como resultado, BIM puede mejorar el uso de un edificio, beneficiar al usuario con el análisis del ciclo de vida, e incluso cambiar la forma de mantenimiento, haciendo que la información de construcción esté disponible, accesible y que el usuario lo comprenda. El uso de la tecnología BIM y la información tiene el potencial para cambiar la cara de la industria de la construcción. La tecnología está disponible para comenzar a llenar los vacíos de comunicación entre los arquitectos, ingenieros, constructores, fabricantes, proveedores, propietarios y operadores (Méndez, 2006).
- **Caso de estudio 2 "Integración vertical de la aplicación BIM en la industria de la construcción"**: En el contexto de la aplicación BIM, se ha examinado las ventajas y desventajas de la integración vertical de la aplicación BIM en la industria de la construcción. Por lo tanto, los gerentes deben entender cómo la estructura organizativa de su empresa y proyecto podría influir en los esfuerzos de implementación y planificar en consecuencia la aplicación de BIM. La integración vertical es una combinación de varias funciones o la totalidad de la cadena de una sola empresa. La integración significa la expansión hacia los clientes y la integración de los proveedores. El número de funciones secuenciales en una empresa integrada verticalmente es cuando se define el grado de integración vertical (Lehtinen, 2010).
- **Caso de estudio 3 "BIM aplicado a la eficiencia energética"**: Se ha realizado un análisis comparativo de una construcción nueva de uso residencial con otra de uso no residencial. El estudio se ha realizado con dos programas informáticos, Autodesk Ecotect (herramienta de diseño de análisis que ofrece una amplia gama de funcionalidad de simulación y análisis a través de plataformas de escritorio y servicios web) y Autodesk Green Building Studio (un servicio de energía basado en la web de análisis que se realiza el análisis de todo el edificio, optimiza la eficiencia energética) lo que se pretende es investigar la influencia de los materiales de construcción en el consumo de energía, el costo del ciclo de vida de la energía consumida y las emisiones de carbono. (Golzarpoor, 2010).
- **Caso de estudio 4 "BIM y la gestión de la construcción"**: El objetivo de este proyecto es entender los usos y beneficios de BIM para los gestores de la construcción y examinar la programación basados en la plataforma BIM. Hay dos objetivos en este proyecto. En primer lugar es para identificar los usos actuales de BIM en la industria de la gestión para los Arquitectos, Ingenieros, Constructores e Instaladores. En segundo lugar, se hace hincapié en el análisis de BIM en 3D y 4D, así como la programación basada en BIM (Hergunsel, 2011).
- **Caso de estudio 5 "Ciclo de vida de un edificio usando la plataforma BIM"**: En este estudio se explica cómo BIM ha sido aplicado en un proyecto de un caso real del "Cathedral Hill Hospital", en San Francisco. Se estudia cómo se han ido integrando los agentes que intervienen en el proyecto, durante todo el ciclo de vida del edificio. Se describe cómo la estrategia de BIM se ha desarrollado durante el período de diseño en el proyecto (Tjell, 2010).
- **Caso de estudio 6 "Análisis de elementos estructurales con la herramienta BIM"**: Se ha realizado estudios acerca de los modelos estructurales con un análisis mediante herramientas BIM. Los modelos estructurales estudiados son: Estructuras Simples, Vigas de madera estructural y estructuras de acero en 3D (Anne Kathrine



- **Caso de estudio 7 "Tecnología BIM para el diseño arquitectónico".** La visualización de la información geométrica y no geométrica permite un manejo más consciente de los proyectos, para cualquier persona involucrada en el proyecto, es más fácil trabajar si se tiene una imagen clara del objetivo común a alcanzar, con la tecnología BIM es posible. La investigación procede de una revisión de la teoría en la tecnología de la información en la construcción (ITC); esto constituye el marco conceptual necesario para formalizar conocimiento sobre herramientas de automatización y visualización para mejorar el soporte de las tecnologías de la información para la integración de procesos en la industria de la construcción (Picó, 2011).
- **Caso de estudio 8 "Tecnologías informáticas para la visualización de la información":** El objetivo general es Integrar las etapas de un proyecto (diseño-construcción) a través de tecnologías informáticas para la visualización de la información, basados en un modelo integrado de información para la construcción. Los objetivos específicos son: Identificar los impactos, necesidades y oportunidades relacionados con la tecnología de la información y su influencia en la organización de proyectos y empresas de construcción. Comprender las tecnologías informáticas para la visualización y como puede ser utilizada en los diferentes procesos de un proyecto de construcción (diseño, abastecimiento, construcción, control, contabilidad, etc.) y como estos procesos deben adaptarse o rediseñarse para aprovechar el potencial ofrecido por la tecnología de la información. Identificar y delinear los cambios necesarios para aprovechar las tecnologías de información disponibles y futuras como una importante fuente de transformación y mejoramiento en la industria de la construcción. Evaluar tecnologías emergentes y nuevas oportunidades surgidas de la aparición de la aplicación de las tecnologías de información en el sector de la construcción (Rivera, 2008).

Conclusiones y casos futuros.

Hoy en día la tecnología BIM está viva, se sigue investigando con esta herramienta tan potente. A continuación se describen las líneas de trabajo futuros acerca de Building Information Modeling.

- El uso de la tecnología BIM en el diseño y las fases de construcción es relativamente nueva, pero aún más en las operaciones y la etapa de mantenimiento de un edificio. Este hecho da lugar a numerosas áreas potenciales para ser estudiadas. Una de las áreas más intrigantes es el aspecto mecánico, eléctrico y de fontanería de un edificio. La investigación adicional podría llevarse a cabo con la versión actual de Autodesk Revit Systems, BIM está sin duda más cerca en convertirse en un modelo más completo (Méndez, 2006).
- Con ayuda de la plataforma BIM podríamos obtener toda la información de la construcción. Se podría obtener toda la información de los materiales empleados en la misma, para poder realizar un mantenimiento más adecuado de la construcción. Sería una recopilación de datos del edificio puede apoyar el proceso de mejora en la gestión de la explotación y el mantenimiento del edificio.

En el campo de la AEC, BIM busca facilitar la administración efectiva del uso compartido y el intercambio de información de edificación a lo largo del ciclo de vida completo de todos los proyectos. BIM permite el intercambio del modelo entre el ingeniero, arquitecto, gerente de construcción, y los subcontratistas. BIM, reduce los fallos de diseño y construcción.

Gracias a la tecnología BIM los documentos son claros y precisos, reduciendo así los fallos de diseño y construcción (no solo en su diseño arquitectónico, sino en su estructura, en las instalaciones...) se optimiza los recursos, no se trabaja más. Esto hace que haya una visualización más real y comprensión del proyecto, aumentando la productividad y planificación, con menos coste de diseño y mejorando la calidad del mismo, consiguiendo edificios más eficaces.

Referencias bibliográficas

Anne Kathrine Nielsen , Søren Madsen, 2010. Master's Thesis, Structural modelling and analysis using BIM tools. s.l.:s.n.

Galzarpoor, H., 2010. Master's Thesis, Application of BIM in sustainability analysis. Malasia: s.n.

Hergunsel, M. F., 2011. Thesis, Benefits of Building Information Modeling for construction managers and BIM based scheduling.. s.l.:s.n.

Lehtinen, T., 2010. Master's Thesis, Advantages and disadvantages of vertical integration in the implementation of systemic process innovations: Case studies on implementing building information modeling (BIM) in the Finnish construction industry. s.l.:s.n.

Méndez, R. O., 2006. Thesis, Building Information Model in facilities management.. s.l.:s.n.

Millais, M., 1997. Estructuras de edificación. Madrid: Celeste ediciones.

Picó, E. C., 2008. Introducción a la Tecnología BIM. Barcelona: s.n.

Picó, E. C., 2011. Tesis, Tecnologia BIM per al disseny arquitectonic.. Barcelona: s.n.

Rivera, F. A. B., 2008. Tecnologías informáticas para la visualización de la información y su uso en la construcción - los sistemas 3d inteligente -. Lima: s.n.

Tjell, J., 2010. Master's thesis, Building Information Modeling (BIM) in Design Detailing with Focus on Interior Wall Systems. s.l.:s.n.



CÓDIGOS GENÉTICOS DE LAS FAVELAS - UN ENFOQUE GENERATIVO A LOS PROYECTOS DE VIVIENDA POPULAR

Elisabetta ROMANO

Departamento de Arquitetura
Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Giancarlo TONOLI

Dipartimento di Architettura e Pianificazione
Politécnico di Milano, Italia

RESUMEN

Suponiendo que la ciudad no es un sistema acabado, sino un organismo vivo en constante desarrollo, el propósito de este estudio es investigar los constantes cambios que ha sufrido el espacio de las favelas, con el fin de identificar las fuerzas motrices que rigen estas transformaciones y deducir las reglas que gobiernan la dinámica de estos procesos, con el trascurso del tiempo. Con este fin, a partir de la morfología del lugar y de las principales características formales y espaciales de los asentamientos espontáneos se han desarrollado algunos algoritmos generativos, utilizando el programa GRASSHOPPER, plugin de RHINOCEROS, constituyendo lo que podría llamarse "código genético de las favelas". Estas herramientas proporcionan la base para un nuevo método de proyección paramétrica generativa, que se puede aplicar tanto en los proyectos de renovación urbana en los asentamientos informales, como en el diseño de las nuevas viviendas de interés social, no sólo respetando la identidad territorial, sino también y sobre todo los aspectos de flexibilidad y adaptabilidad de que estos espacios están tan fuertemente impregnados

PALABRAS-CLAVE Arquitectura generativa, algoritmos generativos, vivienda popular, reurbanización de los barrios marginales

ABSTRACT

Assuming that the city is not an accomplished system, but is a living body, in constant development, this study analyzes the favelas' architectural environment, managing to capture the deep meaning of these changeable spaces, the driving forces that move inside them, aiming to define the dynamics of these continuous transformations. The software to perform this generative approach is GRASSHOPPER, a RHINOCEROS plug-in, used to build the algorithms which correspond to different project scales. Therefore, the final objective of the favelas' genetic codes identification, interpretation and application, is to incorporate into social housing projects the elements which could represent not only their spatial identity, but also including flexibility and adaptability aspects so strongly present in these environments.

KEY-WORDS: Generative Architecture, Generative Algorithms, Popular Dwelling, Slums Upgrade
Texto comunicación

INTRODUCCIÓN

Como resultado de la urbanización y la consiguiente proliferación de vastas periferias en las ciudades, en todo el mundo un gran porcentaje de la población mundial vive en condiciones precarias, por debajo de los estándares normales de salubridad y seguridad. Este fenómeno es particularmente frecuente en Brasil, donde el auge industrial del siglo pasado se ha producido un intenso movimiento migratorio de la población hacia los centros urbanos en el sur, como Sao Paulo, Río de Janeiro, Belo Horizonte y Porto Alegre. Este fenómeno, sin embargo, también se está propagando rápidamente entre las ciudades del norte y el noreste de Brasil, como Salvador, Recife, Manaus y Belém, hacia donde las poblaciones rurales se desplazan, en la esperanza de encontrar oportunidades de empleo y, en consecuencia, mejores condiciones de vida. El resultado es que, de acuerdo con el Centro de Estudios Metropolitanos - CEBRAP, alrededor de 36,6% de la población, lo que equivale a más de 50 millones de personas, viven en asentamientos espontáneos, conocidos mundialmente como "favelas"⁽⁸⁶⁾

La legislación urbana brasileña frente a la práctica de estas formas de apropiación y uso del espacio, permitidos o prohibidos en el contexto de una economía de mercado extremadamente jerarquizada y marcada por profundas desigualdades, separa la "ciudad formal" - ocupada por las clases medias altas, de la "ciudad ilegal", ocupada principalmente por las clases de bajos ingresos (ROLNIK, 1997)⁽⁸⁷⁾. Esta jerarquía espacial se impone a las condiciones sociales de los pobres, tanto simbólica como económicamente, de modo que la ilegalidad es uno de los responsables de la exclusión espacial, la segregación y el apartheid que esta clase social está constantemente sometida. (MARICATO, 1996).

(86) "Favela" es un arbusto, cuyo nombre científico es *Jathopha Phylacantha*, con la que se denominó una colina en Río de Janeiro, el Morro da Favela, representada por Tarcila do Amaral, en 1920, en una famosa pintura modernista. Con el tiempo, esta denominación empezó a ser dada a todos los asentamientos espontáneos de la ciudad (JACQUES, 2003).

(87) "Ciudad formal" y "Ciudad informal" son, respectivamente, los territorios "dentro y fuera de la ley", es decir, regiones donde la población goza de una "ciudadanía plena", en contraposición a las zonas de "ciudadanía limitada" (ROLNIK, 1997).

A pesar de la precariedad de estas áreas, situadas fuera de la "ciudad formal", lugares donde se propagan drogas y violencia, es importante tener en cuenta que son también el escenario de importante expresión artística y cultural, palco de complejas redes de relaciones interpersonales, así como de un intrincado sistema de intercambios locales, llenas de una gran tradición y de una intensa vida social y comercial. Muchos estudios se centran en tratar de entender el fenómeno de los barrios marginales. Por un lado, hay los sociólogos, que se concentran en el análisis de la situación socio-cultural de las "favelas", en cuanto los planificadores urbanos estudian su estructura espacial compleja. Hay pero muy pocos autores que se dedican al análisis de la interdependencia entre estos dos aspectos, el social y el espacial, en un intento de establecer su mutua correlación, su complementariedad y la complejidad que de ellas deriva. Suponiendo que la ciudad no es un sistema acabado, sino un organismo vivo en constante desarrollo, el objetivo de la investigación es el estudio de los constantes cambios que ha sufrido el espacio de las favelas, con el fin de identificar las fuerzas motrices e deducir las reglas que gobiernan la dinámica de estos procesos en el tiempo. (Fig 1)



Fig 1. Ejemplo de "Ciudad Informal" en la periferia de una metrópolis brasileña. Fuente: Ciudad Informal del Siglo XXI – SEHAB de São Paulo - 2010.

OBJETIVOS

Con este fin, desde la morfología del lugar y desde las principales características formales y espaciales de los asentamientos espontáneos, se han desarrollado cuatro algoritmos generativos, utilizando el programa GRASSHOPPER, plug-in de Rhinoceros, para ser utilizado en las diferentes fases del proyecto. Los dos primeros están relacionados con la urbanización del lugar, el tercero se refiere a la dinámica de crecimiento de las unidades de vivienda en la misma parcela, y finalmente el cuarto se dedica al proceso de agrupar las parcelas para formar las unidades vecinales.

El resultado es la identificación de algunas herramientas para la creación de un nuevo método proyectual paramétrico generativo, que se puede aplicar tanto en los proyectos de renovación urbana en los asentamientos informales, como en el diseño de las nuevas viviendas populares, no sólo respetando la identidad territorial, sino también y sobre todo los aspectos de flexibilidad y adaptabilidad, de que estos espacios están tan fuertemente impregnados.

EL PROCESO DE FORMACIÓN DE LA "CIUDAD INFORMAL"

Para comprender la dinámica de crecimiento de la ciudad informal, primero es necesario identificar la relación entre la configuración espacial de los asentamientos y los vínculos establecidos entre sus habitantes. El proceso se inicia con la llegada de una familia en el barrio, como resultado de los lazos de parentesco o de amistad preexistente o debido a las raíces culturales en común. Este núcleo original, con el tiempo, se amplía como resultado de la evolución natural del núcleo inicial (matrimonios, nacimiento de niños) y también con la llegada de otros miembros al grupo (tíos, primos, suegros y otros parientes).

Por lo tanto, el espacio debe necesariamente adaptarse a las nuevas necesidades a través de extensiones del edificio original, la ocupación del área residual de la parcela (patios, retranqueos y jardines), o mediante la construcción de plantas adicionales, no siempre de acuerdo con las condiciones mínimas de estabilidad y seguridad. Estos trabajos se realizan siempre con la ayuda de vecinos y amigos, los llamados "grupos de tareas", grupos de trabajo y el apoyo mutuo, especialmente invitados a colaborar en los eventos más difíciles, por ejemplo el hormigonar el forjado, cuando la cubierta se sustituye por una losa de hormigón, lo que permite la futura construcción de una segunda planta.

Este proceso de transformación continua de la favela es sólo posible gracias a la mano de obra cualificada presente en estos barrios, el fuerte sentimiento de solidaridad entre los miembros del grupo y la prevalencia de



los vínculos familiares. La mejoría y ampliación de la residencia, sea de propiedad o parte de un asentamiento irregular integral, es una de las razones principales para la inversión y el ahorro de las clases más bajas, responsables por una gran parte del mercado de materiales de construcción, que se venden en pequeñas cantidades en todo el territorio Nacional.

Otra regla en el proceso de formación espacial de la ciudad informal es la continua proliferación de espacios dedicados al comercio, inicialmente ubicados al lado de la residencia, a menudo confundidos con ella, pero que más tarde se vuelven autónomos y distribuidos de forma difusa en el tejido urbano. La mayoría destes comercios son: talleres mecánicos, peluquerías, tiendas de comestibles, supermercados, tiendas de ropa, puestos de venta de materiales de construcción, nuevos o usados, lugares frecuentados sobre todo por la población local, pero a veces también por los residentes de las comunidades vecinas. Los barrios marginales son por lo tanto, barrios dotados de un comercio próspero, pero a menudo manejado por sus habitantes, capaces de generar ingresos y oportunidades de empleo. Si no se respetan estos requisitos en los nuevos proyectos de vivienda popular, impidiendo sus futuros habitantes de poner en práctica acciones indispensables para su supervivencia y para el fortalecimiento de su identidad, la ocupación de las viviendas será un proceso difícil y condenado al fracaso. (Fig 2)



Fig 2. A "favela" como espacio inconcluso, escenario de un constante proceso de transformación. Fuente: 2011 - Dora Faggin e Francisco Freire

LA INVERSIÓN PÚBLICA Y LA PARTICIPACIÓN DE LA COMUNIDAD

En respuesta a la crisis económica mundial de 2008, el gobierno brasileño desarrolló en 2009 el programa "Mi Casa, Mi Vida", en efecto hasta la presente fecha, que prevé construir un millón de unidades de vivienda en tres años, dedicada principalmente a las familias con rendimientos de entre uno y tres sueldos mínimos, y por lo tanto necesariamente dependientes de la financiación pública. Independientemente de lograr o no lograr el objetivo "cuantitativo" (durante los dos primeros años de funcionamiento - 2009/2011 - fueron financiados sólo alrededor de 450.000 unidades de vivienda), lo que emerge con más claridad es la falta de "calidad", tanto en lo que respecta a las tipologías de vivienda propuestas como en los aspectos relacionados con soluciones urbanísticas adoptadas para estos nuevos proyectos. En la mayoría de los casos, las viviendas, con una superficie máxima fijada en 45 m² compuestas de espacios asociados a funciones definidas por las normas vigentes en las clases sociales de alta y media renta, imponen normas de convivencia que absolutamente no reflejan la dinámica social de las familias origen. Estos proyectos, además de no permitir la práctica del comercio, también impiden la flexibilidad del tamaño de la unidad, como si todos sus habitantes pertenecieran al mismo estereotipo de familia y que tuvieran formas idénticas de uso del espacio. Como alternativa a estos tipos, que en la mayoría de los casos adoptan fórmulas repetidas y que resultaron insuficientes para la dinámica de la población de bajos ingresos, este trabajo propone un modelo que tiene como premisa proyectual la posibilidad de adaptarse a las necesidades de la familia a través del tiempo.

Con este fin se define un lote de 15 m x 15 m, donde se construye un núcleo básico de servicios de 21 m², en torno al cual posteriormente son, poco a poco, edificadas las áreas habitables, llegando a un máximo de 210 m², correspondientes a tres unidades de vivienda, lo que permite alojar hasta 30 residentes pertenecientes al mismo núcleo de origen. En el modelo de intervención propuesto los organismos gubernamentales deben dar cuenta de la infraestructura básica (agua, electricidad y saneamiento) y de todo el sistema de circulación (malla vial, carriles bici, caminos peatones y escaleras). También es responsabilidad del poder público proveer a la de muros de contención de la tierra y a la construcción de las cementaciones para las futuras áreas de expansión de las edificaciones (Figs 3, 4 y 5)

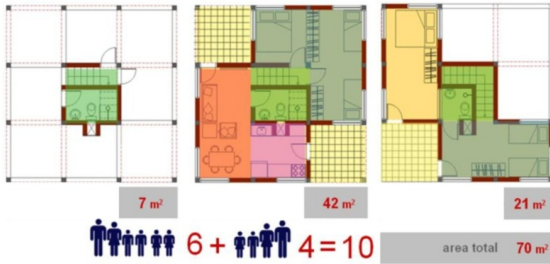


Fig 3. Fases sucesivas de expansión de la unidad de alojamiento

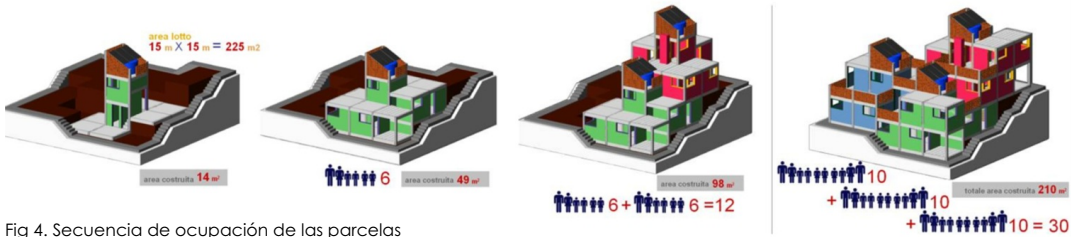


Fig 4. Secuencia de ocupación de las parcelas

Las extensiones y adaptaciones de unidades de vivienda, que resultan de la dinámica de crecimiento de cada familia, se llevará a cabo por los propios residentes, con el uso de elementos estructurales prefabricados producidos en cooperativas locales, dejando abierta la selección de acabados. Estas construcciones, posicionadas de acuerdo con normas previamente establecidas, permiten que el resultado se adapte a las necesidades de cada familia, dentro una misma matriz proyectual, dando identidad a los juegos espaciales y formales. De este modo se puede lograr la densidad bruta residencial de hasta 960 habitantes por hectárea, densidad esta que, incluyendo en el cálculo la superficie de la red de carreteras y de servicios públicos, puede caer hasta cerca de 500 habitantes por hectárea, demostrando que para adensar no es necesario verticalizar. (Fig 5)



Fig 5. Cálculo de densidad habitacional bruta por hectárea

A la luz de estos conceptos, el ejercicio proyectual desarrollado en esta investigación propone soluciones para el diseño de la vivienda social segundo un enfoque paramétrico, es decir, identificando a principio los algoritmos que interpretan la configuración tipológica y morfológica del lugar, para a continuación, establecer procedimientos generativos que, en vista de la dinámica constructiva, pueden contribuir en la conformación de su identidad espacial. Estos pasos consisten en el establecimiento de medidas y posiciones recíprocas de cada vivienda, así como la definición de su evolución en el tiempo. También hay que tener en cuenta los parámetros ambientales y económicos, porque hoy día es esencial para unirse a la escala mundial, incluir en la problemática proyectual la conciencia ecológica para optimizar el uso de los recursos naturales y bienes manufacturados. Así, mediante el uso de nuevas herramientas para el análisis y generación de alternativas se espera construir un nuevo paradigma para proyectos de vivienda social que, además de incorporar las cuestiones medioambientales, también pueden encontrar soluciones en continuidad y en armonía con el contexto.

El uso de estas herramientas "generativo paramétricas" se convierte así en una posible vía para la intervención en la "ciudad informal", donde el papel de la planificación urbana debe necesariamente incorporar al proyecto sea la dinámica de crecimiento de estos espacios como la simulación de las modificaciones que se producen en el tiempo. Sólo de esta manera, permitiendo a los usuarios hacer uso de una dinámica constructiva característica de su estructura socio-cultural, la arquitectura de los barrios de la periferia de las grandes ciudades puede canjear sus vínculos con la cultura y con una renovada conciencia ambiental.

El ejercicio proyectual aquí propuesto se basa en la construcción de un algoritmo que, debido a su complejidad, se ha descompuesto en diferentes partes, a saber::

1. Posicionamiento de las parcelas en el terreno, de acuerdo con el camino de menor pendiente
2. Sistema de escaleras para acceder a las parcelas
3. Colocación de las unidades de vivienda en la parcela
4. Composición de las parcelas para formar una unidad vecinal (UV)

1. Posicionamiento de las parcelas en el terreno, de acuerdo con el camino de menor pendiente

El camino sobre una colina puede ocurrir de tres maneras distintas:

- de acuerdo con la inclinación mínima, es decir, moviéndose paralelo a las curvas de nivel;
- de acuerdo con la pendiente máxima, es decir, perpendicular a las curvas de nivel;
- de acuerdo con una pendiente media cuyo gradiente varía según el ángulo entre el camino y la curva de nivel, dependiendo del grado de esfuerzo requerido para completar la ruta.

La primera alternativa, para proporcionar una solución casi plana y por lo tanto más fácilmente aceptable y compatible con cualquier modo de transporte, es la que normalmente caracteriza las calles principales de un emplazamiento urbano. Los caminos restantes se caracterizan por permitir superar diferencias de altura: cuando se trata de una pendiente máxima, la ruta está constituida generalmente de escaleras, mientras que la posición intermedia, en función del ángulo de inclinación en relación a las curvas de nivel, puede resultar en un camino de fuerte pendiente, o, si es el caso de una pendiente no excesiva, en una vía secundaria. (Fig 6a)

La primera operación realizada por el algoritmo es el cálculo de la ruta de pendiente mínima, que determina el trazado de la calle principal, a lo largo de la cual se colocarán las unidades habitacionales. Este cálculo se realiza mediante la evaluación del ángulo entre el vector normal a la superficie, en correspondencia con el punto de origen de la parcela, y el vector "z", que identifica la pendiente del terreno. Como una simulación de un "paseo", el ordenador instruido por el algoritmo realiza la primera evaluación de la pendiente en el primer punto de partida. Entonces, como si metafóricamente, dando otro paso, y siempre según la dirección de la pendiente mínima, se encuentra un nuevo punto en que se reinicia el proceso, con una nueva evaluación de la pendiente, y así sucesivamente, repitiendo esta serie de operaciones por un número "n" de veces.

Así, a cada ciclo, es calculado el valor de la pendiente y conociendo la orientación del vector normal, y por lo tanto, la dirección en que la superficie del terreno es más pronunciada, es posible guiar el nuevo vector, que identificará el nuevo punto. Estas operaciones resultan en el trazado de la carretera principal donde se ubicarán las parcelas cuadradas de 15 metros de lado, donde se construirán las viviendas unifamiliares segundo distintas combinaciones modulares. A través de una serie de operaciones geométricas repetidas cíclicamente, y que, en lenguaje de ordenador, se definen como "loop" del sistema, se calcula la posición y orientación de las parcelas, de manera que sus vértices no se superponen, y de tal manera que estén dispuestos correctamente a lo largo de la ruta.

2. Sistema de escaleras para acceder a las parcelas

Si la primera parte del algoritmo es utilizada para posicionar la calle principal a lo largo de la pendiente mínima del terreno, la segunda parte del algoritmo comprende una serie de operaciones necesarias para definir los caminos de acuerdo con la pendiente máxima, es decir, es utilizada para calcular escaleras. Dado que las parcelas están orientadas en el camino de la pendiente mínima, por lo menos dos lados del cuadrado, aquellos paralelos a la carretera, tienden a ser planos, mientras que los otros dos, perpendiculares a los anteriores, deben recibir los sistemas de escaleras con el fin de superar los desniveles y permitir el acceso a las parcelas en porciones superiores. (Fig 6b)

Como los tramos de escaleras son modulares, al igual que los elementos constituyentes de las unidades, se deduce que la diferencia de cota máxima entre dos lados opuestos es 1,2 m x 4, permitiendo superar un desnivel total de 4,8 m (correspondiente a una pendiente máxima de 32%). En correspondencia a los vértices del cuadrado son ubicadas las entradas las casas, arregladas de acuerdo con las cuotas establecidas por el algoritmo, como las más favorables para la optimización de la ocupación de la parcela, respetando la pendiente máxima y evitando los grandes terraplenes.

Las operaciones que comprenden la segunda parte del algoritmo son las siguientes:

- Determinación de la posición de los cuatro puntos obtenidos mediante la proyección de los vértices de las parcelas sobre la superficie del suelo;
- Evaluación de la diferencia de cota entre los vértices;
- Clasificación de los cuatro vértices en relación a su nivel;
- Construcción de la geometría de la escalera mediante la asignación de la cantidad correcta de pasos con base en los valores obtenidos del análisis anterior.

Por lo tanto, el algoritmo tendrá las instrucciones suficientes para extraer automáticamente el sistema de escaleras con base en los datos encontrados en el campo. El resultado de este proceso permite el diseño de las escaleras de acuerdo con un enfoque paramétrico, es decir, por la interacción de las reglas generadas por el algoritmo y los datos correspondientes a la configuración específica de la superficie del terreno. El sistema de escaleras y terrazas así generadas definen una urbanización capaz de absorber las irregularidades del terreno y también generar sistemas de circulación que se configuran como un híbrido entre espacios públicos y privados, posibilitando que allí se realicen actividades básicas de la vida cotidiana, convirtiéndose en el escenario de múltiples relaciones sociales. Estos espacios, de geometría compleja y cambiante, que en la arquitectura islámica se conocen como "fina", terminan por convertirse en zonas intersticiales capaces de ser plenamente disfrutadas por el hombre.

3. Composición de las unidades de vivienda en la parcela

Si la segunda parte del algoritmo preparó la configuración del terreno en el cual se construirán las viviendas y estableció el sistema de escaleras necesario para permitir el acceso a cada unidad, la tercera parte del algoritmo es el momento en que, de acuerdo con normas previamente establecidas, las edificaciones serán dispuestas en grupos de tres y combinadas de acuerdo con diferentes configuraciones espaciales, dependiendo de la pendiente de la parcela. (Fig 6c)

Cada parcela cuadrada de 15 m de lado puede contener tres unidades de vivienda, superpuestas e interconectadas segundo diferentes combinaciones volumétricas. Cada unidad está construida alrededor de un cuerpo central que contiene todo el sistema de abastecimiento de agua y bajantes de aguas servidas (para cocina y baños), además de paneles solares para calentamiento de agua y paneles fotovoltaicos para generar energía, lo que permite un alto grado de autosuficiencia de la vivienda. Estos servicios básicos, de acuerdo con el proyecto propuesto, deben ser construidos por los organismos públicos, lo que garantiza la calidad de las instalaciones y la infraestructura de servicios (suministro de energía, agua y saneamiento). Alrededor de este núcleo se disponen los forjados de piso y de techo, sostenidos por pilares con una malla de 2,7 m de distancia entre ejes, que pueden acomodar diferentes zonas de la vivienda como salón, dormitorios, cocina, sala de baño así como el espacio para el comercio.

Por lo tanto, la construcción de viviendas en la parcela puede ocurrir gradualmente, gestionadas por los propios residentes, de acuerdo a las necesidades que puedan crearse en el tiempo. Por otro lado, aunque al morador se le permita personalizar su espacio y adaptarlo a sus necesidades específicas, el proceso de "auto-construcción" que aquí se propone, garantiza que la misma se produzca dentro de las directrices establecidas por el proyecto, manteniendo así, en su conjunto, la misma identidad formal y espacial, a pesar de las variaciones introducidas por cada usuario.

Desde el punto de vista computacional, la función dentro del algoritmo, que ordena la combinación de unidades de vivienda será del tipo aleatoria (random). A pesar de las reglas implícitas en el proyecto propuesto (en relación a la malla estructural, a la configuración de los servicios básicos, al posicionamiento de los huecos



de los ambientes con el fin de conseguir su mejor soleamiento) el algoritmo puede adaptarse a los parámetros económicos y sociales, generando diferentes soluciones combinatorias de unidades de vivienda mediante su colocación en las cuotas correspondientes y correcta la orientación sobre la superficie de la parcela.

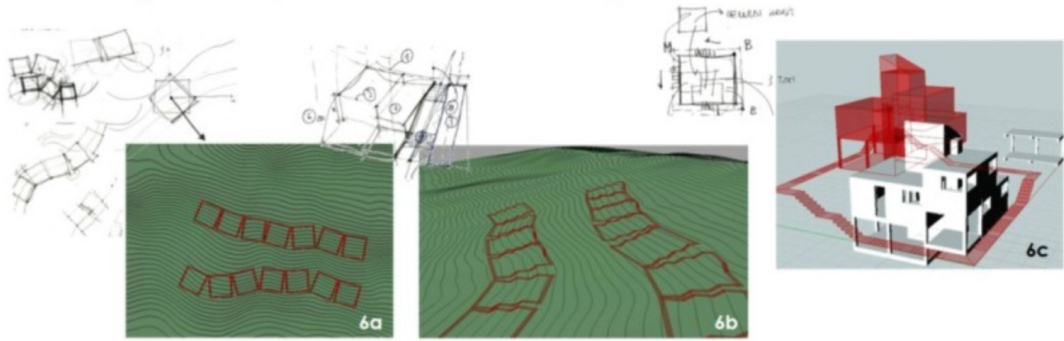


Fig 6a, 6b, 6c. Algoritmo 1: Posicionamiento de las parcelas en la pendiente mínima
 Algoritmo 2: Sistema de escaleras para acceder a un lote (máxima pendiente)
 Algoritmo 3: Composición de unidades de vivienda en la parcela

4. Composición de las parcelas para formar una unidad vecinal (UV)

Si la tercera parte del algoritmo es utilizada para ubicar las viviendas en la parcela y combinarlas en grupos de tres para cada lote, la cuarta y última parte del algoritmo es responsable por la organización espacial de las parcelas que constituyen una "unidad vecinal". La matriz que establece la definición de estos grupos se basa en una regla simple: para cada grupo de nueva parcelas, la parcela central no se construirá y se mantendrá como un espacio vacío para el uso de la comunidad. Este espacio, que necesariamente se convertirá en el núcleo de esa unidad vecinal, será la sede de la mayor parte de las relaciones entre los habitantes de la comunidad, tales como actividades de ocio, socialización e interacción. (Fig 7)

804

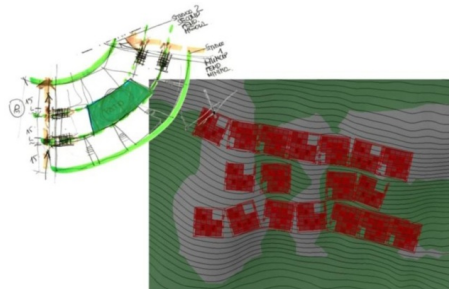


Fig 7. Algoritmo 4: Composición de las parcelas para formar una unidad vecinal

Así, de acuerdo a la topografía del terreno, cada unidad vecinal se compone de ocho lotes de tres viviendas cada uno, hasta un total de 24, que alberga a los grupos comunitarios, accesibles desde el sistema de escaleras que rodean cada parcela. Estas unidades vecinales forman así manzanas de 15 m x 3 (45 m), medida esta que determina la distancia entre las calles principales, que siguen la pendiente mínima del terreno.

El proceso de urbanización puede así ser definido por la sucesión de los siguientes pasos. Inicialmente dibujando en el suelo una red principal de carreteras, siguiendo los caminos de la pendiente mínima, formando grandes platós cuadrados de 45 m de lado. Entonces, en estos platós, serán posicionadas las parcelas y, gracias al sistema de escaleras que los conectan, establecer la conexión entre las calles, situadas en diferentes cuotas. Finalmente se decide cuáles lotes serán construidos y cuáles deben permanecer vacíos y destinados a uso comunitario, definiendo así la configuración de las unidades vecinales. Este procedimiento, a diferencia de otros proyectos de vivienda social, a pesar de estar gobernado por reglas definidas y estructuradas, está constantemente sujeto a variaciones y modificaciones, aportadas por los usuarios, al adaptar el espacio a sus necesidades a través del tiempo.

CONCLUSIONES

Los resultados que surgieron de la aplicación de algoritmos generativos especialmente desarrollados en esta investigación, para identificar e interpretar el código genético de las favelas, permite afirmar que las viviendas así proyectadas están muy cerca de la estética de la ciudad informal, tanto en su aspecto socio-espacial, como en el dinamismo y su capacidad de adaptarse a las necesidades específicas de cada familia. (Fig 8)



Fig 8. Resultados obtenidos mediante la aplicación de algoritmos generativos, en comparación con el libre desarrollo de la "ciudad informal"

Otro aspecto interesante es que a pesar de la adopción de un sistema de construcción basado en una estructura modular, la libertad de construir de acuerdo a las necesidades de cada grupo familiar, dio lugar a una amplia gama de soluciones, diversificada y personalizada, tornando esos asentamientos más aptos para acomodar el libre desarrollo de las actividades humanas. Aunque la metodología científico/matemática propuesta en este proyecto, hace un uso extensivo de herramientas basadas en algoritmos generativos paramétricos, es importante señalar que el resultado, lejos de proponer soluciones repetitivas y monótonas, lleva a la creación de un espacio "en movimiento" característico de los barrios marginales. Este proceso de diseño, capaz de adaptarse a las cambiantes necesidades de sus habitantes, da como resultado una arquitectura espontánea y variada, que, aunque regida por normas específicas de composición, da a los espacios que genera una fuerte identidad formal, basado en sus características sociales y culturales.

Se espera en el futuro continuar esta investigación, poniendo a prueba la aplicación del método proyectual aquí descrito en nuevos proyectos de vivienda social y de intervenciones en comunidades existentes, para desarrollar algoritmos más complejos y por lo tanto, más precisos para interpretar la dinámica generativa espontánea que se encuentra en la "ciudad informal", siempre llena de soluciones creativas e innovadoras.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo es el resultado de la investigación llevada a cabo por Elisabetta Romano durante el año académico 2010/11, período en que fue Profesor Visitante al DIAP – Dipartimento di Architettura e Pianificazione del Politécnico de Milán, gracias a la beca postdoctoral senior concedida por CAPES -Coordinación de Perfeccionamiento de Personal de Nivel Superior. Un agradecimiento especial al Prof. Giancarlo Tonoli, co-autor de este trabajo, al Prof. Marcelo Magoni, coordinador del Laboratorio di Cooperazione Internazionale del POLIMI y a la Prof.a Rachele Radaelli, pelo apoyo y aliento a lo largo de esta investigación.

Referencias bibliográficas

- ALEXANDER, C. A pattern language. New York: Oxford University Press, 1977.
- ARAVENA, A. Progettare e Costruire. Milano: Mondadori Electa, 2007.
- CELANI, G. A gramática da forma como metodologia de análise e síntese na arquitetura. Caxias do Sul: Conexão, v.5, n.10, 2006.
- DUARTE, J. P., Customizing Mass Housing: a discursive Grammar for Siza's houses at Malagueira. Tese de Doutorado, Massachusetts Institute of Technology, 2001.
- JACQUES, P. B. Estética da ginga. Rio: Casa da Palavra, 2003 (3a edição)
- KNIGHT, T. Shape Grammars in education and practice: history and prospects. In: International Journal of Design Computing, vol 2, 2000.
- MARICATO, E. Brasil, Cidades alternativas para a crise urbana. Rio de Janeiro: Vozes, 2001.
- ROLNIK, R. A Cidade e a Lei: legislação, política urbana e territórios na cidade de São Paulo. São Paulo: Estúdio Nobel/FAPESP, 1997.
- ROMANO, E. Arquitetura Sistemica – Da coordenação do módulo à modulação da cor. Tese de Doutorado, São Paulo, FAUUSP, 1994.
- SUPLICY, V. Produção Industrial de pré-moldados em argamassa armada. São Paulo: FAUUSP, 2004.
- TERZIDIS K. Algorithmic Architecture. New York: Architectural Press, 2006.
- TONOLI, G. Il mutato concepimento mentale dell'oggetto architettonico - Nuovi strumenti progettuali e alterazioni del paradigma estetico contemporaneo - Fra critica e sperimentazione - Tesi di dottorato - Politecnico di Milano - 2011.



LÍNEA **3**

INNOVACIÓN DOCENTE DE LA EXPRESIÓN GRÁFICA



María Josefa AGUDO MARTÍNEZ

Universidad de Sevilla
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica

Resumen

El proyecto consistió en una iniciativa de innovación y mejora docente que pretendía poner en práctica metodologías de participación activa. La metodología docente que se ha dado en llamar Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), consistente esencialmente en proponer la resolución de problemas como punto de partida para la adquisición de nuevos conocimientos y lleva aparejada una novedosa y profunda revisión de las técnicas tradicionales de evaluación, lo que se traduce, a priori, en una sustancial mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje encuadrado en la educación superior universitaria. Con ello, no sólo se favorece el aprendizaje activo del estudiante, sino que se le "enseña a aprender", se consigue la integración entre teoría y práctica y se fomenta el trabajo en equipo. De esta forma, el profesor -que pasa a ser esencialmente tutor, facilitador o guía- utiliza la evaluación como un instrumento más de dicho proceso, dentro de un contexto caracterizado por una mayor complejidad que el de la enseñanza tradicional, un nuevo contexto en el que el uso de exámenes convencionales pierde protagonismo por considerarlos parciales e insuficientes.

Abstract

The project consisted of an initiative for innovation and improving teaching intended to implement methodologies of active participation. The teaching methodology that has been called learning based in problems (ABP), consisting essentially to propose the resolution of problems as a starting point for the acquisition of new knowledge and has prepared a new and profound revision of traditional evaluation techniques, which translates, a priori, in a substantial improvement in the teaching-learning process in university education. Thus not only encourages active student learning, but are you "teaches to learn", gets the integration between theory and practice and promotes teamwork. In this way, the teacher - what happens to be essentially guardian, facilitator or guide - uses evaluation as an instrument over this process, within a context characterized by a greater complexity than traditional education, a new context in which the use of conventional tests loses prominence as partial and insufficient.

INTRODUCCIÓN

La adaptación de las diferentes titulaciones universitarias al Espacio Europeo de Educación Superior, obliga a una revisión en profundidad de los tradicionales modelos educativos, y todo ello en aras de la consecución de competencias por parte del alumnado, asociadas éstas a otras cuestiones derivadas como la revisión del modelo de evaluación, analizado en profundidad por autores como Burgess (1993), el nuevo enfoque intercultural e interdisciplinar de la enseñanza universitaria o el uso de metodologías activas como el ABP. Las funciones profesionales de los egresados en el entorno laboral tienen que estar en estrecha relación con las competencias que los estudiantes adquieran en el entorno académico, de ahí la importancia de conocer diferentes modelos de aprendizaje (Jiménez, González, Ferreres, 1989) y (Dell'Olio, Donk, 2007). Otro asunto de gran interés es la necesidad de que las diferentes materias se planteen la consecución de resultados de aprendizaje que evidencien la adquisición de las competencias de la titulación, para lo cual se hace imprescindible el uso de metodologías activas que ayuden a formar estudiantes autónomos y capaces de aprender por sí mismos. La redefinición del modelo educativo en base a perfiles profesionales demandados por la sociedad exige desarrollar metodologías activas centradas en los estudiantes y basadas en la adquisición de competencias.

Al aplicar una estrategia metodológica previamente seleccionada, se economizan tiempo, recursos y esfuerzos, lo cual es indicador de un nivel de profesionalismo. El paradigma del ABP plantea que el proceso del conocimiento es activo, que los conocimientos son construidos por los sujetos y que el ambiente es condición necesaria para su desarrollo. Según autores como Ferreiro (2006, p.28):

'Cada paradigma, a su vez, ha contribuido con propuestas educativas a partir de la teoría y de la metodología. Así, el conductismo aportó el movimiento de tecnología educativa, muy ligado al de enseñanza programada y al de máquinas de enseñar. El humanismo, el movimiento de enseñanza o educación personalizada. El movimiento cognitivo, múltiples preguntas de enseñar a pensar y aprender a aprender. El paradigma sociocultural, la educación desarrolladora y la enseñanza problemática. Y el constructivismo, entre otras cosas, propone como didáctica el aprendizaje cooperativo.'

Dado que uno de los pilares básicos del ABP es el aprendizaje cooperativo, adquieren una enorme importancia aspectos tales como programar actividades que interesen al alumnado y con referentes cercanos a la realidad, relacionar lo que se aprende con experiencias anteriores o reflexionar en grupo sobre procesos y resultados. Por otro lado, una de las claves de esta metodología es la evaluación de las evidencias de aprendizaje, la cual tiene un carácter eminentemente formativo y continuado, con revisiones que suponen retroalimentación para los alumnos y que son una parte esencial de este modelo metodológico, si bien con una evaluación global al final del proceso. Todo lo anterior hace que sea especialmente válida en el ámbito de la arquitectura y las ingenierías por plantear problemas o proyectos interdisciplinares donde se integran diferentes disciplinas o materias. Además, el ABP garantiza, no sólo unas altas tasas de aprobados, sino también la satisfacción de los alumnos en relación con su propio aprendizaje, lo cual sólo es posible con una verdadera implicación de profesorado y alumnado. Sin embargo, la puesta en práctica del ABP requiere de una formación pedagógica previa del profesorado en metodologías activas, ya que el profesor deja de ser un mero transmisor de conocimientos y pasa a convertirse en guía del aprendizaje y dicho aprendizaje se produce cuando el pensamiento explora, interpreta y organiza la experiencia (Santoianni, Striano, 2006, p.118), lo que significa que el ABP es un modelo de aprendizaje afín al Constructivismo (Zabala, 1999, p.81) en el que el rol del educador es el de problematizar, facilitar o validar, lo que podría resumirse en cuatro tipos de actuaciones: tomar decisiones antes de dar



instrucciones, explicar la actividad, supervisar e intervenir y evaluar (García, Traver, Candela, 2001, p.49).

Desde un punto de vista estadístico, la metodología del ABP ha ganado terreno en la educación superior en los últimos 20 años. Y esto es así porque se trata de un modelo claramente ventajoso para la adquisición de competencias, al plantear un aprendizaje centrado en el estudiante, con grupos reducidos de alumnos y con ejercicios que son formulados como problemas a resolver por el grupo, tal y como sucederá en la vida profesional futura. Además, para facilitar la motivación, la adquisición de nuevos conocimientos se pone en relación con los conocimientos previos de los alumnos; por otro lado, dado que los objetivos están centrados en el individuo, los procesos de aprendizaje son dirigidos esencialmente por el grupo:

'(...) todo problema da lugar a la formación, a partir de las concepciones preexistentes, de nuevas concepciones más acordes con las circunstancias planteadas. En este sentido, podríamos decir que aprendemos en cuanto que resolvemos los problemas que se originan en un entorno siempre diverso y cambiante.' (García, García, 1993, p.10)

Otra de las características del ABP es que, al tratarse de problemas reales, el planteamiento se convierte de forma automática en interdisciplinar, lo que se traduce en una comprensión más profunda del problema y en una mayor relación entre la teoría y la práctica de la asignatura. De esta forma, la triada problema-grupos-profesor pasa a ser el eje vertebrador del ABP y a partir del cual se plantea el aprendizaje; sin embargo, dado el enorme protagonismo del grupo, el papel del profesor queda relegado al de guía de un proceso que persigue la consecución de unos objetivos de partida. Hay que insistir en el hecho de que se trata de un proceso, cuyas etapas principales abarcan desde la formación de los grupos hasta la adquisición de nuevos conocimientos y la formulación de nuevos objetivos por parte del grupo, pasando por la formulación del problema (profesor), la discusión del mismo (grupos), el planteamiento de objetivos (grupos), la elaboración de un listado de temas de aprendizaje en relación con el problema (grupos) y la decisión de los recursos necesarios para la resolución del problema (grupos). Este último aspecto ha sido analizado, en relación con la investigación-acción participativa, por autores como De Souza et al. (2006, p.152), según los cuales el acto cognitivo está condicionado por los instrumentos con los que es abordada la realidad en su conjunto.

A lo largo de todo el proceso debe tener lugar la consiguiente adquisición de las competencias transversales propuestas (instrumentales, interpersonales y sistémicas) y que pasan a ser el elemento distintivo de esta metodología. Entre las competencias transversales cabe mencionar cuestiones básicas como hablar en público, buscar información y redactar una memoria o trabajar en equipo, a las que se suman otras como la capacidad de planificación, la creatividad, la capacidad de análisis y síntesis o la de crítica y autocrítica.

OBJETIVOS

El último curso de la carrera, por ser el más próximo a la inserción profesional, suele caracterizarse por una docencia más activa, de ahí que las estrategias y metodologías innovadoras sean especialmente útiles en estos cursos superiores. Otro elemento diferencial importante es que la experiencia se ha llevado a cabo, durante dos cursos académicos consecutivos, en la asignatura de carácter optativo *Levantamiento y Análisis de Edificios*, lo que supone un número de alumnos nunca superior a treinta. Por otro lado, el planteamiento gráfico de la asignatura la convierte en idónea para este tipo de metodologías docentes, ya que está en consonancia con el fomento de habilidades prácticas, con una mayor implicación de los estudiantes en los aprendizajes activos, así como con el desarrollo de competencias transversales y con el uso de las TIC's (García, Alves, 2011) pero sobre todo, por ir asociadas estas metodologías al trabajo en grupos colaborativos y por la enorme revisión que se lleva a cabo del concepto tradicional de evaluación. En base a lo anteriormente expuesto, los objetivos más relevantes que se persiguen al llevar a cabo la metodología del ABP son:

- Aprender a trabajar en grupos colaborativos.
- Desarrollar destrezas interpersonales y de comunicación.
- Fomentar la motivación y la participación del alumnado.
- Plantear problemas complejos que requieran respuestas interdisciplinares.
- Potenciar la responsabilidad y el aprendizaje autónomo.
- Desarrollar la capacidad de crítica y autocrítica.

Se trata, en definitiva, de entender los objetivos no sólo en relación con el alumno, sino también en relación con el ambiente y la sociedad, así como en relación con otras cuestiones de vital importancia tales como las actividades discentes o didácticas, los recursos y las estrategias. Otro asunto importante a tener en cuenta cuando se redactan objetivos es el cronograma, el cual ayuda a definir con claridad los tiempos o momentos. En relación con las principales fases o etapas del ABP, autores como Exley & Dennick (2007, p.89) las estructuran en siete pasos:

- Paso 1º: Aclarar términos y conceptos.
- Paso 2º: Definir los problemas.
- Paso 3º: Analizar los problemas: preguntar, explicar, formular hipótesis.
- Paso 4º: Hacer una lista sistemática del análisis.
- Paso 5º: Formular los resultados del aprendizaje esperado.
- Paso 6º: Aprendizaje independiente centrado en los resultados.
- Paso 7º: Sintetizar y presentar nueva información.

Por otro lado, los destinatarios de nuestra docencia también pueden contribuir a una definición corregida o mejorada de los objetivos iniciales. Los alumnos fueron preguntados acerca de la importancia de los objetivos en el ABP, en un cuestionario elaborado por la autora de este artículo y haciendo uso de la aplicación informática del gestor de encuestas "Opina" de la Universidad de Sevilla. Realizaron el cuestionario de forma voluntaria un total de 27 alumnos/as; en sus respuestas se evidencia la importancia concedida al hecho de que los objetivos tengan que estar necesariamente relacionados con las competencias y sean además claros, pero sobre todo factibles y evaluables. Se trata, qué duda cabe, de una opinión a tener en cuenta de cara a sucesivas planificaciones docentes aplicando ABP.

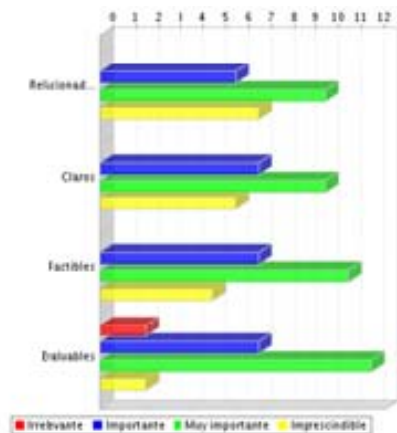


Fig 1. Requisitos de los objetivos en el ABP. 2012. <http://portalapps.us.es/opina/c/6088>.

CONTENIDO

En el desarrollo del ABP cabe mencionar el planteamiento del mismo en cuanto al tipo de problemas utilizados, así como a las diferentes sesiones de trabajo. Hay que comenzar diciendo que los grupos de trabajo suelen reducirse, de un máximo de cuatro alumnos; dichos grupos pueden además ir variando para cada ejercicio. Por otro lado, para conseguir el máximo de provecho al planteamiento interdisciplinario, lo más ventajoso sería la coordinación de profesores de diferentes asignaturas en torno al mismo problema, sin embargo, aún siendo lo más deseable, lo anterior no siempre es posible, a pesar de lo cual el planteamiento no tiene por qué perder interés a la hora de motivar a los alumnos. En el ABP los problemas dejan de tener unas connotaciones negativas y pasan a ser la piedra angular del aprendizaje del grupo:

'Los proyectos de investigación se caracterizan por situar gran parte de la responsabilidad del aprendizaje en el propio alumnado, que ha de participar (...) en la planificación de la actividad (...) en el desarrollo de un proceso de búsqueda, indagación y reflexión en interacción con el medio y, sobre todo, colaborando en un grupo cooperativo' (Jiménez Vicioso, 2006, p.31).

Dado que la asignatura *Levantamiento y Análisis de Edificios* es cuatrimestral, en cada trimestre pueden plantearse un máximo de tres problemas o propuestas, con una duración máxima de unas cuatro semanas para cada una. Durante este tiempo, los grupos se reúnen en las sesiones presenciales de las clases y fuera de las mismas, con una dedicación mínima de unas 18 horas para cada problema, y con una dinámica de correcciones que suelen plantearse como exposiciones públicas, de ahí que una parte de la responsabilidad de la evaluación recaiga sobre los propios compañeros (coevaluación) y de forma no numérica sobre cada grupo (autoevaluación). Este último capítulo, tratado con amplitud por Kitsantas & Dabbagh (2010, p.91ss.) requiere, dada la importancia del mismo y para ser llevado a buen término, un mínimo de formación del profesorado en la metodología del ABP.

Otro capítulo importante es el de la elaboración de los problemas, contextualizados en situaciones reales y que deben integrar los contenidos curriculares y los objetivos de las asignaturas participantes. En este sentido, la colaboración del profesorado adquiere una gran importancia:

'(...) los esfuerzos de colaboración podían ser superficiales: se centraban sólo en la disciplina estudiantil, la socialización del personal, o la coordinación de tareas, en vez de que los docentes se centrasen en problemas reales que beneficiaran el aprendizaje de los estudiantes' (Hargreaves, 2003, p.186).

Para cada problema se elabora una propuesta de ejercicio que contiene los mencionados objetivos y que se apoya en las recomendaciones volcadas en la guía docente de la asignatura, planteada ésta última como complemento necesario al programa. Esta fase merece una especial atención en aras de la consecución realista de los objetivos propuestos. Por otro lado, el trabajo cooperativo requiere un mínimo conocimiento de técnicas de funcionamiento de grupos (García, Traver, Candela, 2001) ya que la resolución de un problema sólo será exitosa si el grupo funciona bien. Una dificultad frecuente es la respuesta desigual en el trabajo dentro de los grupos; este problema puede evitarse con la asignación rotatoria de tareas definidas, las cuales van unidas a la definición de roles tales como: coordinador (animador), supervisor (verificador), portavoz (relator) o editor (redactor), aunque existen otros posibles como implementador, investigador de recursos, impulsor, cerebro, monitor evaluador o especialista, según el listado propuesto por Belbin (Exley, Dennick, 2007, p.192). Además, en el informe se debe indicar en qué ha consistido la participación de cada uno de los miembros del grupo y explicar el desarrollo y la resolución del problema planteado; dicha memoria o informe aparece estructurada a su vez en diversos apartados: presentación del problema, desarrollo o estrategia de resolución, análisis de los datos utilizados y conclusión o balance final del ejercicio.

La eficacia del grupo se apoya en dos pilares: organización y relaciones personales (Gómez, García, Alonso, 1991, p.309). Para conseguir un mínimo de organización hay que establecer objetivos, roles y normas, así como hacer revisiones periódicas o autoevaluaciones de grupo, ya que para mejorar hay que ser conscientes de los fallos y aciertos. Por otro lado, las relaciones personales dependen del clima del grupo, pero también de la comunicación y colaboración de sus miembros, así como del control de los posibles conflictos que puedan surgir.



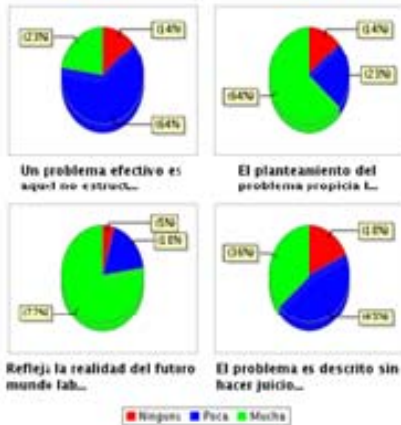


Fig 2. Planteamiento del problema en el ABP. 2012. <http://portalapps.us.es/opina/c/6088>.

Cuando a los alumnos se les preguntó sobre la importancia de la elección de los problemas y del planteamiento de los mismos, apenas valoraron el hecho de que el problema no esté estructurado para ser efectivo o de que esté descrito sin hacer juicios o conclusiones; sin embargo, concedieron bastante importancia a que el problema propicie la controversia, pero sobre todo al hecho de que refleje la realidad del futuro mundo laboral.

Dado que una parte del proceso es tutorizada, son fundamentales las sesiones de debate con todos los grupos y la puesta en común de los diferentes trabajos; se trata de una de las estrategias de mayor interés del ABP, ya que los alumnos recorren juntos el proceso de aprendizaje del grupo clase. En las primeras sesiones de correcciones se procede a debatir la identificación de los aspectos relevantes del problema, tras de lo cual cada grupo realiza el reparto de los roles entre sus miembros. La siguiente fase consiste en una búsqueda no presencial del material bibliográfico, necesario éste último para trabajar en las restantes sesiones, las cuales se dedican todas ellas al comentario del material encontrado por cada grupo, a la realización de bocetos para el montaje del panel final, así como a resolver las dudas surgidas durante el proceso. La preparación de las sesiones expositivas del trabajo de grupo les obliga no sólo a seleccionar información, sino también a tomar decisiones a la hora de analizarla y sintetizarla para presentarla al grupo clase. Esta estrategia de trabajo, que se fundamenta en una evaluación continua, es de carácter marcadamente formativo para todos los participantes y concluye con el debate final de las diferentes soluciones dadas al problema:

'Esta etapa de realización del proyecto requiere la utilización de un método de investigación participativo por parte de los agentes educacionales (...) mediante un trabajo de formación, una previsión de la estructura para la educación y un apoyo a su inicio y desarrollo (...)' (Gallardo, Camacho, 2008, p.61).

De esta forma, el trabajo con ABP suele traducirse en una clara satisfacción tanto del alumnado como del profesorado participante en la experiencia, y esto es así sobre todo por la importancia de las sesiones tutorizadas, en las cuales no sólo se corrigen y evalúan provisionalmente las aportaciones de cada grupo a la solución del problema, sino que además se debaten y exponen las dudas y los diferentes grupos tienen la oportunidad de participar en las correcciones con la propuesta de sugerencias de mejoras al trabajo presentado sus compañeros. Con el fin de homogeneizar criterios y para facilitar la evaluación, los criterios utilizados quedan recogidos en las denominadas "rúbricas" o guiones de evaluación, las cuales especifican no sólo los aspectos que serán puntuados en los trabajos, sino también la ponderación de los diferentes ítems evaluables: memoria escrita, comunicación oral, trabajo en equipo o desarrollo continuado personal (Exley, Dennick, 2007, p.179). Entre los criterios recogidos en las rúbricas, aparecen cuestiones tales como saber extraer las ideas fundamentales o preguntas clave del problema, saber identificar correctamente los temas necesarios para su resolución, presentar los datos encontrados de forma sintética y ordenada, utilizar un lenguaje científico con razonamiento crítico y cumplir las pautas formales de presentación del informe de grupo.

Por último, el método se complementa además con diferentes estrategias de recogida de datos como hojas de seguimiento, de incidencias críticas, fichas de trabajo, portfolios, cuadernos de campo, entrevistas, diarios y los ya comentados cuestionarios a los alumnos. Estos últimos, junto con las entrevistas, son valiosos instrumentos para obtener información diversa (Vázquez, Angulo, 2003, p.26 ss.) y tienen un amplio uso en el campo de las ciencias sociales. Una posible definición sería la que sigue: 'El cuestionario es un conjunto de preguntas escritas dirigidas a un público específico con la intención de obtener una información variada y concreta' (Gallardo, Camacho, 2008, p.58).

Se trata de recursos que tienen como finalidad constatar el grado de adquisición de los objetivos propuestos, detectar posibles lagunas o incidentes críticos y plantear mejoras futuras. Las encuestas proporcionan además una opinión relevante del alumnado sobre su grado de satisfacción con el trabajo realizado, así como con la metodología utilizada y pueden proporcionar también aportaciones o sugerencias valiosas en relación con aspectos susceptibles de mejora. En este sentido, resulta siempre interesante ofrecer oportunidades a los estudiantes para que aporten críticas a nuestra práctica docente (Kemmis, McTaggart, 1992, p.192). Al ser preguntados los alumnos sobre los factores que intervienen en la evaluación en el ABP, valoraron sobre todo las habilidades de comunicación, seguidas de la gestión del tiempo, la planificación del trabajo o la habilidad para aprender por sí mismo y algo menos la evaluación del conocimiento.

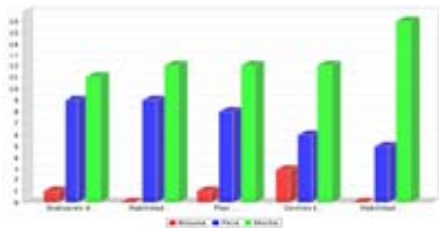


Fig 3. La evaluación en el ABP. 2012. <http://portalapps.us.es/opina/c/6088>.

CONCLUSIONES

Una de las ventajas del ABP es la motivación y el elevado grado de implicación y participación del alumnado en las clases presenciales. Otro factor de éxito son los resultados promedio en el número de aprobados por curso con una media de 7 sobre 10 en las calificaciones finales obtenidas por los alumnos/as del grupo. En relación con el tiempo invertido en la realización de las actividades, se constata además que las horas presenciales son, en la mayoría de los casos, suficientes para dar una respuesta adecuada a la resolución de los problemas planteados. Por otro lado, la retroalimentación o *feed-back* que tiene lugar con las sesiones de correcciones, contribuye no sólo a propiciar un diálogo más estrecho, sino que posibilita además la recapitulación de lo que se aprende, el procesamiento de la información, la autorregulación de los grupos, el reforzamiento positivo constante y el desarrollo de habilidades sociales. A todo lo anterior habría que sumar la oportunidad de detectar dificultades o errores en el proceso con la posibilidad de las consiguientes rectificaciones o mejoras.

Posiblemente las dificultades o inconvenientes aparecen en aspectos tales como la necesidad de formación continua del profesorado en la metodología del ABP, o en asuntos tales como diseño de problemas o dinámica de grupos. En este sentido, y desde una óptica de continua reconstrucción personal y de generación de un espacio de desarrollo profesional (Rivas, 2000, p.302) y (Joyce, Calhoun, Hopkins, 1997, p.139) adquieren además gran importancia asuntos tales como reaprender o desaprender, intercambios de calidad e incluso aprendizaje emocional, habida cuenta de que las distancias entre el discurso educativo y el terapéutico se estrechan cada vez más, dada la importancia de las relaciones tanto interpersonales como intrapersonales:

El aprendizaje emocional también ayudaría al educador a desacelerar su ritmo, no sólo de actividades sino de pensamientos acelerados que le empujan a hacer más de lo que realmente puede a través de algún método de interiorización. Las técnicas de relajación y respiración se han demostrado como especialmente eficaces (Imberón et al, 2002, p.139).

Ni que decir tiene que la Universidad en general está necesitada de un cambio metodológico dirigido hacia un modelo de aprendizaje más activo y participativo, sobre todo a partir de los requerimientos y directrices del EEE (Valle, 2006) y (Gadsby, Bullivant, 2010, p.76) y con miras a combatir los factores restrictores de una innovación educativa que debe llevar aparejada una mejora de la calidad en la docencia. Aunque se trata de un modelo que viene siendo aplicado desde hace más de 20 años en diversas universidades americanas y europeas, en nuestro país cuenta con una historia mucho más reciente, ya que requiere una adecuada organización y una deseable coordinación del profesorado, así como un apoyo institucional que no son posibles en todos los casos. En cualquier caso, se trata de una metodología dinámica que exige un seguimiento continuo. Entre los aspectos más favorables de la experiencia con ABP cabe mencionar la alta participación y motivación del alumnado ante los problemas planteados, si bien la novedad de método se traduce, sobre todo al principio, en una cierta inseguridad en el trabajo de grupo no tutelado. Esto evidencia la necesidad de reforzar los objetivos conducentes a la consecución de una mayor independencia y responsabilidad en el proceso de aprendizaje del alumnado. Por otra parte, el hecho de posibilitar la coordinación entre asignaturas diferentes, supone un evidente enriquecimiento en la labor docente de los profesores implicados. De todas formas, no conviene olvidar que uno de los aspectos más importantes de esta metodología es la revisión del concepto tradicional de evaluación, ya que no tendría sentido hacer uso de metodologías activas pero conservar los criterios y métodos de la evaluación tradicional. En este sentido, la evaluación de competencias, tanto específicas como transversales, es una de las cuestiones que más dificultades plantea, habida cuenta de la importancia que tienen dichas competencias en la vida profesional futura de nuestros estudiantes.

Referencias bibliográficas

- Burgess, R G 1993, *Educational Research and Evaluation: For Policy and Practice?*, The Falmer Press, London.
- De Souza, J F, Lucio-Villegas Ramos, E L, Lima, L C, Cortesão, L & Fals-Borda, O 2006, *Investigación-Acción Participativa: ¿¿Qué??*, Bagaço, Brasil.
- Dell'Olio, J M & Donk, T 2007, *Models of Teaching*, Sage, London.
- Exley, K & Dennick, R 2007, *Enseñanza en Pequeños Grupos en Educación Superior*, Narcea, Madrid.
- Ferreiro, R 2006, *Estrategias didácticas del aprendizaje cooperativo*, Eduforma, Sevilla.
- Gadsby, H & Bullivant, A 2010, *Global Learning and Sustainable Development*, Routledge, London.
- Gallardo Vázquez, P & Camacho Herrera, J M 2008, *La investigación participativa y su aplicación en el campo social y educativo*, Wanceulen, Sevilla.
- García, J E, García, FF 1993, *Aprender investigando*, Diada, Sevilla.
- García, R, Traver, J A & Candela, I 2001, *Aprendizaje cooperativo*, CCS, Madrid.
- García Zubía, J & Alves, G R (eds.) 2011, *Using Remote Labs in Education*, University of Deusto, Bilbao.
- Gómez, P C, García, A & Alonso, P 1991, *Manual de TTI*, EOS, Madrid.
- Hargreaves, A 2003, *Enseñar en la sociedad del conocimiento*, Octaedro, Barcelona.



- Imbernón, F (coord.) 2002, *La investigación educativa como herramienta de formación del profesorado*, Graó, Barcelona.
- Jiménez Jiménez, B, González Soto, A P & Ferreres Pavia, V 1989, *Modelos didácticos para la innovación educativa*, Promociones y Publicaciones Universitarias (PPU), Barcelona.
- Jiménez Vicioso, J R 2006, *Un aula para la investigación*, Díada, Sevilla.
- Joyce, B, Calhoun, E & Hopkins, D 1997, *Models of learning-tools for teaching*, Open University Press, Buckingham.
- Kemmis, S & McTaggart, R 1992, *Cómo planificar la investigación-acción*, Laertes, Barcelona.
- Kitsantas, A & Dabbagh, N 2010, *Learning to Learn with Integrative Learning Technologies*, Information Age Publishing, Charlotte.
- Moran, D J & Malott, R W 2004, *Evidence-Based Educational Methods*, Elsevier, San Diego, California.
- Rivas Navarro, M 2000, *Innovación educativa*, Síntesis, Madrid.
- Santojanni, F, Striano, M 2006, *Modelos teóricos y metodológicos de la enseñanza*, Siglo Veintiuno, Madrid.
- Sevillano García, M L 2004, *Estrategias Innovadoras para una Enseñanza de Calidad*, Pearson Prentice Hall, Madrid.
- Valle, J M 2006, *La Unión Europea y su política educativa* (Tomo I), Centro de Investigación y Documentación Educativa (CIDE), Madrid.
- Vázquez Recio, R & Angulo Rasco, F (coords.) 2003, *Introducción a los estudios de casos*, Aljibe, Málaga.
- Zabala Vidiella, A 1999, *Enfoque globalizador y pensamiento complejo*, Graó, Barcelona.

GEOMETRIA, CAD 3D Y APRENDIZAJE: PRECAUCIONES CONCEPTUALES

María AGUILAR ALEJANDRE
Roberto NARVÁEZ RODRÍGUEZ

Universidad de Sevilla
Departamento de Ingeniería Gráfica

Abstract

This paper is presented under the assumption that 3D CAD systems are nowadays powerful tools, not only in advanced geometry but also as learning environments for elementary levels in university undergraduate courses. Their use at these levels is continuously increasing; however, they may be applied without taken into account both the repercussions of recent advances in the fundamentals of architectural geometry and potential risks which may generate certain lacks of necessary knowledge for the current professional practice.

This research is intended to warn about this situation by providing some reflections on fundamentals on architectural geometry. Basic contents and competences are addressed from a contemporary point of view as well as certain caution in dealing with the features of present 3D CAD systems for the teaching and learning process. This reasoning is illustrated with a graphical example of a specific lesson: basic concepts of perspective.

INTRODUCCIÓN

El uso de los sistemas de CAD 3D en la práctica profesional de la arquitectura es un hecho ya consolidado y más que evidente a lo largo y ancho del panorama internacional. Así lo demuestran, no sólo las últimas obras arquitectónicas, las cuales no podrían haber sido concebidas sin estos sistemas, sino también los congresos y publicaciones científicas sobre geometría arquitectónica desarrolladas recientemente.

Dichos materiales son testigo de la cantidad ingente de avances que se están produciendo en el campo de la geometría aplicada, y de cómo estos avances producen cambios significativos en los procesos de diseño y creación. Por este motivo, creemos que dichas contribuciones deberían ser inmediatamente incorporadas al ámbito académico en las titulaciones de grado afectadas por esta coyuntura, como son el título de arquitecto y el título de ingeniero de edificación, entre otras.

En la práctica profesional, las ventajas que las nuevas tecnologías proporcionan sobre cómo afrontar y resolver problemas de geometría arquitectónica parecen indiscutibles, sin embargo, en el ámbito académico la situación es bien diferente, existiendo una heterogeneidad evidente relativa a cómo enseñar y aprender geometría en el contexto universitario. En unos casos, la apuesta pasa por continuar con los métodos tradicionales de la geometría descriptiva, mientras en otros, se sumerge directamente al alumno en el uso y manejo de una aplicación de software determinado.

Pocas, aunque con brillantes excepciones (por ejemplo [Pottmann et al 2007]), son las investigaciones llevadas a cabo sobre qué aprender y cómo aprender geometría aplicada básica que, a su vez, hayan servido como puente de enlace entre las dos opciones citadas anteriormente. En este sentido, y con el respaldo de la investigación y práctica docente de los autores, esta comunicación se presenta asumiendo el uso de los sistemas de CAD 3D como herramientas de aprendizaje. Es decir, que el estudiante hace uso del espacio virtual proporcionado por estos sistemas, no sólo para resolver problemas geométricos, sino para simular, analizar y comprender procesos y conceptos de geometría arquitectónica, en algunos casos para desarrollar competencias no necesariamente ligadas al uso de estos sistemas.

Estas condiciones presentan un cuadro complejo, los estudiantes llegan a la universidad con un nivel de formación, en términos de representación gráfica y conocimientos geométricos, que no siempre es el deseado. El dilema es establecer un punto de partida que, por un lado, permita al estudiante abordar su formación inicial universitaria con garantías de éxito, y por otro permita alcanzar las competencias deseadas. Todo ello en un marco temporal limitado por los créditos de las asignaturas correspondientes y bajo la necesidad de formación específica que el simple uso de los sistemas de CAD 3D requieren, sin entrar aún en la materia propia de la geometría para las titulaciones técnicas.



OBJETIVOS

Reflexionar sobre los fundamentos mínimos de geometría aplicada para los estudios universitarios de grado en el área de expresión gráfica arquitectónica. La idea es sugerir enfoques docentes que, bajo el uso de los sistemas de CAD 3D como herramienta de aprendizaje, permitan desarrollar las competencias básicas, con resultados satisfactorios y bajo las limitaciones temporales existentes en los planes de estudio.

Analizar el uso de los sistemas de CAD 3D como herramienta de aprendizaje, centrándose en los posibles riesgos que su uso indiscriminado podría ocasionar para completar las competencias básicas anteriormente tratadas.

REFLEXIONES SOBRE FUNDAMENTOS DE GEOMETRÍA ARQUITECTÓNICA

Dando por sentado que ciertos fundamentos de geometría son siempre necesarios para desarrollar competencias a cualquier nivel en la expresión gráfica arquitectónica, la cuestión está en qué aprender y cómo aprender y, sobre todo, qué entender por fundamentos de geometría arquitectónica en la situación actual. Multitud de reflexiones podrían aflorar al respecto, de las cuales se detallan algunas a continuación.

Entendiendo la geometría arquitectónica como una rama de la geometría aplicada, es lógico que dependa en gran medida de los medios utilizados para hacerla aplicable. Con este fin, gran variedad de herramientas y dispositivos han sido utilizados a lo largo de la historia de acuerdo con la tecnología propia de cada época.

Las tecnologías actuales, especialmente las relacionadas con la informática y, por consiguiente, con los sistemas de CAD 3D, están en continuo cambio y desarrollo. Los avances que se producen en este medio no están aislados, sino que en ocasiones poseen ciertos vínculos y repercusiones sobre los fundamentos de esta ciencia aplicada. Identificar y evaluar dichas repercusiones es una tarea compleja, y más aún planificar su implementación en el aprendizaje a niveles básicos. Sin embargo, una cuestión parece claramente estable y aceptada por la comunidad científica y profesional al respecto, esta es el uso de del espacio virtual tridimensional como entorno de trabajo.

Por ello, hay que concentrar esfuerzos hacia los conceptos necesarios para manejarse en este entorno. Pero por otro lado, este no es el único entorno laboral puesto que más allá del ordenador existen bocetos, planos, esquemas conceptuales, por citar algunas herramientas bidimensionales e incluso no digitales, que son imprescindibles para el desarrollo profesional actual, ya sea en la fase de diseño, ejecución, comunicación, análisis, etc. Ante estos condicionantes y entendiendo que estamos tratando con una ciencia aplicada, encontramos necesario distinguir entre los siguientes tipos de fundamentos en geometría arquitectónica: *contenidos y competencias*.

CONTENIDOS BÁSICOS DE GEOMETRÍA

Estos contenidos se refieren a conceptos teóricos que no dependen de la disciplina específica en la que se aplique la geometría. Son temas atemporales y prácticamente infinitos. Algunos ejemplos de ello son: las propiedades de un triángulo, un cubo y una esfera o las invariantes proyectivas de ciertos tipos de proyección. Parte de estos contenidos, podrían haber sido adquiridos durante las etapas de enseñanza primaria y secundaria, por lo que, los contenidos a impartir en la enseñanza universitaria han de ser cuidadosamente escogidos para cubrir, al menos, el mínimo exigido por la titulación en esta materia. Es más, no es útil ni provechoso dedicar más tiempo del estrictamente necesario en enseñar contenidos que no sean los que realmente se necesitan. De hecho, en la actualidad, los contenidos están disponibles por todas partes (internet, publicaciones, bibliotecas...) lo verdaderamente importante es saber seleccionar la información que nos interesa así como desarrollar la capacidad crítica suficiente para su correcta elección según su finalidad.

En este sentido, debe dejarse claro, que a pesar de proponer trabajar en espacios virtuales 3D, las representaciones bidimensionales como proyecciones y secciones siguen siendo necesarias, no sólo para comunicar ideas sino también como una herramienta importante de diseño. Por mencionar algunos ejemplos presentes en la actividad profesional diaria: dibujar bocetos y croquis, realizar secciones por un punto específico, trabajar con información discreta de geometrías complejas, diseñar formas bidimensionales concretas, etc. Incluso en aquellos casos en los que pudiera parecer que el laboratorio virtual 3D que proporcionan los sistemas de CAD pudiera ser suficiente para la creación de nuevas arquitecturas, es también probable que haya que enfrentarse al manejo de antiguas representaciones bidimensionales, especialmente cuando se trata de trabajos patrimoniales en edificios o espacios urbanos existentes.

Por todo lo anterior, debe prestarse especial atención a que estos contenidos de representación bidimensional también sean cubiertos, más aún cuando el principal entorno de trabajo es el espacio virtual de los sistemas de CAD que, en su uso continuado en el ámbito académico, puede entenderse como una herramienta autosuficiente, lejos de la realidad profesional descrita anteriormente.

Intentando responder a la pregunta sobre qué aprender, se destacan por tanto las dos cuestiones planteadas. Por un lado los contenidos de geometría del espacio necesarios, y no más, para hacer uso del entorno tridimensional de los sistemas de CAD. Esto es, las propiedades geométricas mínimas para generar modelos 3D, así como las condiciones métricas y formales que permitan analizarlos, extraer propiedades y, en definitiva, tener la capacidad de adquirir nuevos conocimientos haciendo uso de los sistemas de CAD como un laboratorio virtual de aprendizaje. Por otro lado, es fundamental no perder la noción de la realidad profesional, donde el manejo de información bidimensional es habitual. Por ello deben incluirse los contenidos básicos que permitan entender las representaciones planas, así como conocer sus propiedades y utilidades.

COMPETENCIAS BÁSICAS EN GEOMETRÍA ARQUITECTÓNICA

En una sociedad avanzada y un complejo mercado laboral, donde la información básica está disponible prácticamente para todo el mundo, la adquisición de contenido en sí mismo aparece como una tarea poco útil en comparación al desarrollo de habilidades y actitudes. Detrás de esta idea aparece el término *competencia* definido como la cualidad de un individuo para llevar a cabo una tarea satisfactoriamente. Sin embargo, las competencias no están vacías de contenido, pero sí es cierto que éste debe ser adaptado y acomodado para que liberen el espacio y tiempo suficiente al alumno, y pueda así alcanzar otras cualidades como habilidades, comportamientos y actitudes.

La principal ventaja entre entrenar competencias y centrarse única y exclusivamente en contenidos es que, en el futuro, los estudiantes ya convertidos en profesionales se puedan enfrentar a cualquier problema, por complejo que sea, aplicando las competencias adquiridas y sin tener que depender del contenido del problema en sí mismo. Para este fin, en el caso de la geometría arquitectónica, no sólo es importante determinar qué aprender sino también cómo aprenderlo. La forma en que cualquier concepto es aprendido debe poderse desarrollar posteriormente en cualquier momento de nuestra vida profesional o personal, y facilitar de esta manera el aprendizaje permanente o a lo largo de la vida (*Life Long Learning*). La adquisición de competencias introduce así en quien las desarrolla un valor añadido ofreciéndole flexibilidad, adaptabilidad, satisfacción y motivación.

Establecer las competencias mínimas que un estudiante de grado universitario debería alcanzar en materia de geometría arquitectónica es motivo de un extenso y largo debate, pero lo que sí parece claro es que los estudiantes deberían entrenar y desarrollar estas competencias empleando herramientas similares a aquellas que utilizarán durante su vida profesional. En este sentido, los sistemas de CAD 3D parecen ser la herramienta correcta y el camino indicado para alcanzar esta meta. Además, los sistemas de CAD 3D no son sólo una herramienta útil para aprender y trabajar, también constituyen un laboratorio que permite realizar investigaciones de muchas clases, como por ejemplo descubrir propiedades geométricas a partir de modelos 3D o desarrollar procedimientos geométricos para solventar problemas técnicos.

En definitiva, si los sistemas de CAD 3D constituyen un laboratorio virtual en el cual se promueve el aprendizaje de la geometría y, además, son una herramienta de infinitos usos en el campo profesional, la principal competencia que deberían desarrollar los estudiantes es la de manejar y desenvolverse en el espacio virtual de estos sistemas. Esta competencia debe entrenarse desde serios fundamentos geométricos que habiliten al estudiante practicar las operaciones o procedimientos necesarios para convertir a estas aplicaciones en sólidas herramientas de investigación y aprendizaje continuo, a la vez de desarrollar la capacidad crítica que permita identificar y tomar consciencia de sus limitaciones, ventajas, inconvenientes y protocolos habituales.

PROCEDIMIENTO, AUTOMATISMO Y CONCEPTO

Cuando los sistemas de CAD 3D se plantean como herramienta de aprendizaje en la docencia de la geometría arquitectónica, uno de los dilemas está en la elección de la aplicación comercial a elegir. La oferta actual de programas de CAD es diversa, y todas las compañías se encuentran inmersas en un constante proceso de mejora e implementación de nuevas prestaciones que aventajen a la competencia. En la mayoría de los casos, las novedades se centran en la dotación de nuevas y/o más potentes herramientas, así como en el aumento de la productividad; procedimientos que antes consumían una importante cantidad de tiempo, pueden hoy realizarse de una forma rápida y con operaciones automáticas.

La eficiencia que persiguen las aplicaciones comerciales de CAD 3D, también se demanda en los procesos de enseñanza y aprendizaje, donde la actividad presencial se va reduciendo en tiempo, mientras los contenidos en la sociedad actual aumentan a un ritmo vertiginoso. De ahí la importancia, comentada anteriormente, del aprendizaje basado en competencias, y sobre todo en aquellas encaminadas a aprender a aprender. La cuestión está en si hay que poner límite, y dónde estaría, a los avances que estos sistemas proporcionan para usarlos en la docencia de los fundamentos de geometría arquitectónica.



La respuesta a esta pregunta no es simple, y genera nuevas incógnitas con la necesidad de contemplar y analizar la actividad docente y de aprendizaje desde distintos prismas. En este análisis están implicados el profesorado y los avances tecnológicos, los conceptos básicos de geometría aplicada, las competencias básicas de geometría, tanto académicas como profesionales, y por tanto, incluso la práctica profesional. A continuación se analizan brevemente cada uno de estos ámbitos con la intención de establecer ciertas conclusiones al respecto.

Desde el punto de vista del profesorado, y respecto a la elección de una u otra aplicación comercial, hay que decir que, la decisión no es tan trascendente en cuanto a los fundamentos de geometría arquitectónica se refiere. En primer lugar, bien entrados ya en la segunda década del siglo XXI, las prestaciones básicas que la mayoría de sistemas de CAD 3D profesionales proporcionan son similares. Las diferencias de las nuevas versiones están principalmente en herramientas para geometría avanzada, las cuales no siempre tienen repercusiones directas en unos fundamentos, hoy día relativamente estables. En cualquier caso, siempre debemos estar al día de los avances que se van produciendo para analizarlos, evaluar sus posibles repercusiones e implementarlos en los fundamentos si fuera necesario. En segundo lugar, es de destacar que, a pesar de estos avances, sigue existiendo un factor común en todas las aplicaciones, esto es el uso de un entorno de trabajo dominado por el espacio tridimensional virtual que estos sistemas proporcionan. Será, por tanto, el manejo de este espacio la principal competencia a desarrollar en el estudiante.

Aunque existen procedimientos y conceptos en la representación tridimensional que son comunes en las aplicaciones de software más habituales, dependiendo de la aplicación elegida e incluso de la versión de una misma aplicación, algunas de las operaciones geométricas necesarias para el aprendizaje de la geometría pueden realizarse de forma automática no. Desde el punto de vista docente y con el uso del CAD 3D como herramienta de aprendizaje, el profesorado debe gestionar la implantación de dichas operaciones automáticas en el proceso formativo. En algunos casos es posible que convenga la utilización de estos automatismos, en otros casos es posible que su uso provoque carencias conceptuales esenciales para una aplicación coherente de estas herramientas.

Para facilitar la evaluación e implementación de los avances proporcionados por los sistemas de CAD 3D en el aprendizaje, se propone a continuación el análisis de tres conceptos que deben contemplarse en la planificación de la docencia (procedimiento, automatismo y concepto). A modo de muestra, la exposición se ilustra con ejemplos sencillos de aplicación, todos ellos relacionados con una misma lección que se estima no debe faltar en un curso de fundamentos de geometría arquitectónica: conceptos básicos de perspectiva cónica. Para ello, se propone la determinación de la perspectiva cónica, bajo ciertas condiciones, del edificio de la figura (casa en Leiria – Aires Mateus) - Fig 1.

Procedimiento geométrico: desarrollo de un proceso por parte de una persona para resolver una operación geométrica compleja y concreta siguiendo la ejecución de sub-operaciones más simples. En el ejemplo de aplicación propuesto, el procedimiento geométrico consistiría en las siguientes sub-operaciones: (1) trazar desde el punto de vista los rayos de proyección que pasan por los vértices del objeto de representación, (2) determinar los puntos de intersección de los rayos trazados con el plano del cuadro, (3) unir ordenadamente dichos puntos para obtener la perspectiva cónica requerida - Fig 2.

Automatismo geométrico: desarrollo de un proceso por parte de un programa informático para resolver por sí solo y en un solo paso una operación geométrica concreta solicitada. En el ejemplo de aplicación propuesto, el automatismo geométrico consistiría en definir la posición de una cámara (punto de vista) y su objetivo (punto principal) para que el programa resuelva el problema y proporcione la perspectiva de forma automática - Fig 3.

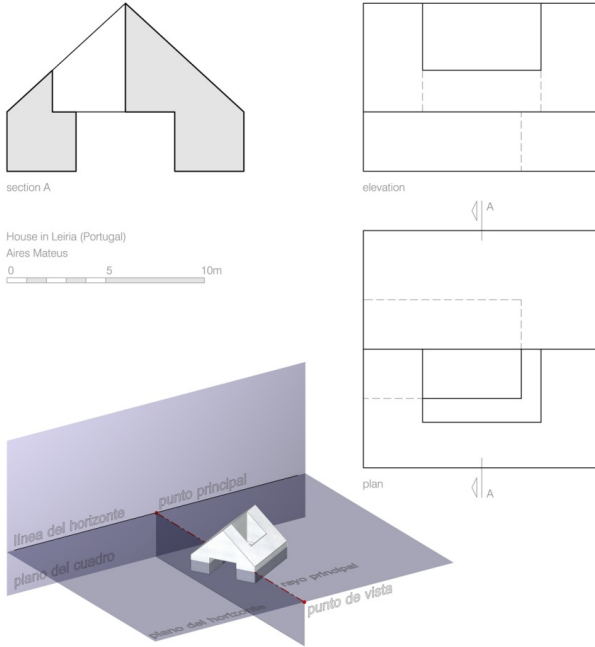


Fig 1. Arriba: proyecciones diédricas del objeto de representación. Centro: condiciones del sistema para la determinación de la perspectiva cónica. Abajo: imagen real del edificio. 2012. Elaboración propia.

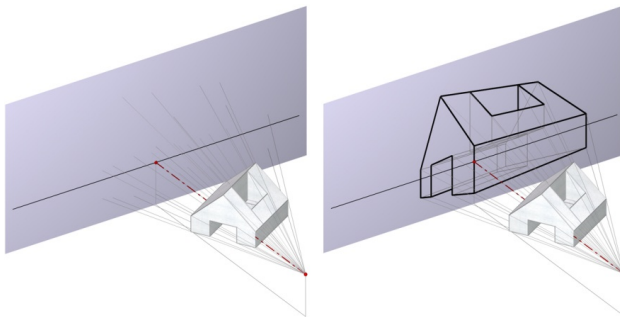


Fig 2. Procedimiento geométrico para determinar la perspectiva cónica del objeto de representación. 2012. Elaboración propia.



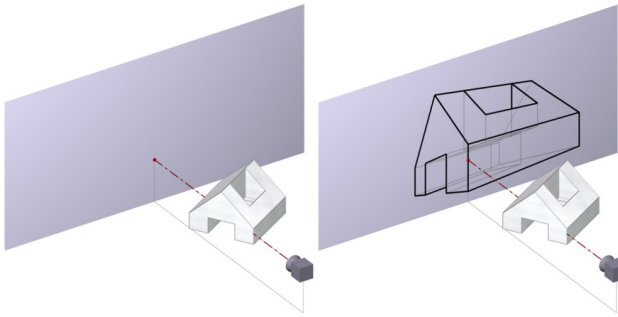


Fig 3. Automatismo geométrico para determinar la perspectiva cónica del objeto de representación. 2012. Elaboración propia.

Concepto geométrico: idea o conjunto de ideas que conforma el entendimiento fundado del resultado de una operación geométrica concreta, ya sea simple o compleja. En el ejemplo de aplicación propuesto, los conceptos geométricos pretendidos son los relacionados con los fundamentos de perspectiva cónica: proyección cónica y elementos definitorios del sistema, variantes e invariantes proyectivas, puntos de fuga, etc.

Para una titulación de grado, donde se requiere una formación para el ejercicio profesional, es importante tanto el conocimiento de los automatismos que ofrecen los programas de CAD como el concepto que existe detrás de éstos. Sin embargo, no siempre es necesario realizar manualmente el procedimiento para entender el concepto que existe detrás. Y ésta es la clave para decidir dónde poner el límite a los automatismos. De forma genérica, podría proponerse el siguiente criterio, diferenciando entre dos situaciones distintas, y teniendo en cuenta la limitación temporal existente en la programación:

- En las capacidades y contenidos propios de la educación preuniversitaria deben usarse los automatismos (se dan por conocidos y no debe emplearse tiempo en repetirlos).
- En aquellos contenidos propios de la educación universitaria que son susceptibles de llevarse a cabo de forma automática, se realizará el procedimiento geométrico una sola vez, y siempre que este tenga interés para que el alumno alcance el concepto geométrico de los resultados. Una vez que el alumno pasa por esa experiencia, no se debe emplear más tiempo en que repita el procedimiento una y otra vez, cuando éste se puede llevar a cabo de forma automatizada.

Una combinación adecuada de procedimientos geométricos y automatismos podría resultar en un aprendizaje eficiente, coherente y basado en los conceptos fundamentales que permitan el futuro desarrollo en caso de que fueran necesarios, bien durante la etapa académica, de investigación o laboral.

Volviendo al ejemplo de aplicación, la obtención de la perspectiva mediante los procedimientos geométricos explicados significa un ejercicio indudablemente interesante. Aunque se está obviando la posibilidad de obtener la perspectiva de forma automática, la experiencia de trazar cada uno de los rayos de proyección, dibujar línea a línea la perspectiva y analizar el resultado (en el espacio virtual del sistema de CAD) para extraer conclusiones propicia un aprendizaje por descubrimientos mucho más efectivo y duradero que si se expusieran de forma teórica las propiedades de la perspectiva cónica. El interés del ejercicio no está en el resultado (la perspectiva) que podría obtenerse automáticamente, sino en el proceso de resolución como proceso también de aprendizaje de los conceptos básicos pretendidos.

Posteriormente, una vez entendido el concepto básico de perspectiva cónica, podrían realizarse de forma automática nuevas perspectivas del mismo objeto. En este caso con nuevas variantes que permitan analizar y profundizar en el conocimiento de la perspectiva. Por poner un ejemplo, de entre otras muchas posibilidades, podrían proponerse dos variantes: (1) modificando la posición del plano del cuadro en paralelo a la posición original - Fig 4 - y (2) modificando la posición del punto de vista sobre el rayo principal original - Fig 5. El análisis de los resultados obtenidos de forma automática, permitiría una comparación rápida de las diferencias existentes entre cambiar la posición del plano del cuadro y cambiar la posición del observador, así como comprender las condiciones bajo las cuales se generan proyecciones cónicas más o menos cercanas a la percepción humana de la realidad (por citar algunas).

Por último, y como ejercicio práctico de útil aplicación profesional, se propone la realización a mano alzada de un boceto perspectivo del mismo objeto representado. Con este ejercicio debe quedar de manifiesto el conocimiento y la aplicación de los conceptos pretendidos. Por citar algunos: las variantes e invariantes proyectivas de la perspectiva cónica, el uso auxiliar de puntos de fuga y su posición relativa al punto de vista para generar proyecciones cercanas a la percepción humana del objeto de representación - Fig 6.

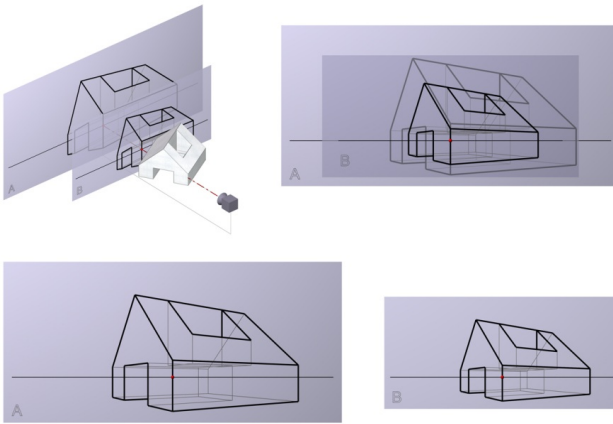


Fig 4. Obtención de perspectivas semejantes por desplazamiento del plano del cuadro. 2012. Elaboración propia.

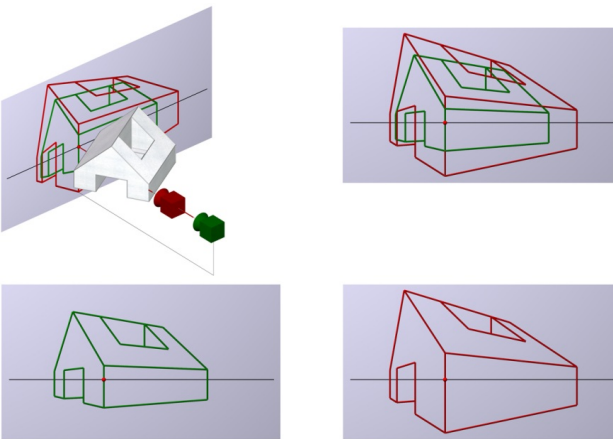


Fig 5. Obtención de perspectivas distintas por desplazamiento del punto de vista. 2012. Elaboración propia.



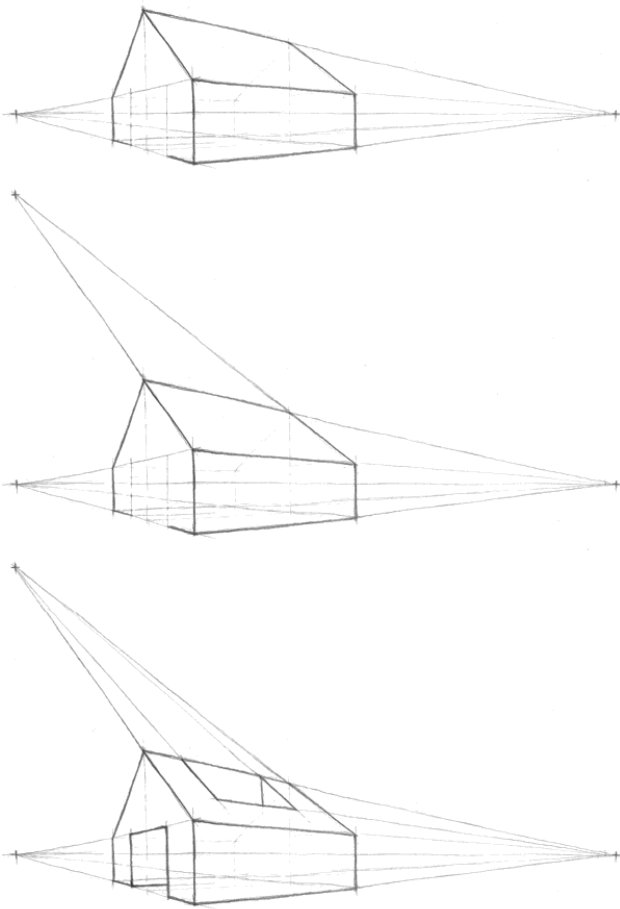


Fig 6. Arriba: construcción del volumen general con el auxilio de las tres direcciones ortogonales principales (línea del horizonte y dos puntos de fuga más líneas verticales – plano del cuadro vertical -). Centro: determinación de nuevos puntos de fuga. Abajo: construcción de los detalles con el auxilio de nuevos puntos de fuga, además de los anteriores. 2012. Elaboración propia.

822

CONCLUSIONES

Ante la diversidad de enfoques en cuanto a cómo abordar la formación universitaria inicial en geometría arquitectónica, es deseable que la comunidad científica realice aportaciones hacia un objetivo común en esta materia, que se propone en torno al uso de los sistemas de CAD 3D como herramienta de aprendizaje.

Sobre la cuestión de qué enseñar, se ha destacado la importancia de entender que los contenidos, cada vez más extensos en la sociedad contemporánea, deben restringirse a lo mínimo necesario. Por un lado, las propiedades geométricas básicas que permitan la generación de modelos tridimensionales. Por otro lado, las condiciones de análisis métrico y formal de dichos modelos. Además, es necesario contemplar los contenidos relacionados con la representación bidimensional, la cual tiene una vital importancia en la actividad profesional, y que bajo el uso continuado de los sistemas de CAD en el ámbito académico podrían quedar al margen, alejándose de la realidad profesional descrita.

En la cuestión de cómo enseñar, las competencias ganan importancia respecto a los contenidos. Los sistemas de CAD 3D se revelan como una importante herramienta de aprendizaje, ya que permiten abordar el estudio de geometrías complejas con pocos conocimientos previos, a la vez que potencian el desarrollo de competencias necesarias para la actividad profesional habitual. Por tanto, la principal competencia básica a desarrollar, será el manejo conceptual del espacio virtual que proporcionan los sistemas de CAD 3D. Esto

permite, tanto alcanzar nuevos conocimientos o contenidos, mediante el análisis de los modelos generados, como desarrollar otras competencias más avanzadas para su aplicación constante en la profesión, ya sean bajo el entorno de estos sistemas o mediante el uso de otros procedimientos.

A pesar de estas ventajas, los sistemas de CAD 3D como herramienta de aprendizaje tienen el peligro potencial de desvincular totalmente al alumno de la representación plana, cuyo uso es imprescindible en la actividad profesional. Por ello, deben planificarse las actividades de aprendizaje enfocadas a que el alumno desarrolle las competencias, tanto de interpretar, como de expresar los resultados de su trabajo en los Sistemas de Representación habitualmente utilizados en la actividad profesional, realizando el uso del CAD 3D y del dibujo a mano alzada de croquis y bocetos con rigor geométrico.

Para concluir, la utilización de las operaciones automáticas, cada vez más numerosas en los sistemas de CAD 3D, son un arma de doble filo para la docencia. Por un lado, su uso indiscriminado podría generar carencias de conocimiento importantes, aunque por otro lado, como queda de manifiesto en el ejemplo de aplicación expuesto, su uso combinado con la experimentación de ciertos procedimientos geométricos, pueden ayudar notablemente a la comprensión de conceptos así como al desarrollo de las competencias pretendidas.

Referencias bibliográficas

AAVV 2008 *Advances in Architectural Geometry*. Conference Proceedings AAG0. Vienna, Austria.

Chen, DM 2000 'Application of 3D CAD for Basic Geometric Elements in Descriptive Geometry'. *Engineering Design Graphic Journal*, no.64, pp.10-17.

Croft, FM 1998 'The need (?) for descriptive geometry in a world of 3-D modeling'. *Engineering Design Graphic Journal*, vol. 3, no. 62, pp.4-8.

Pottmann, H. et al 2007 *Architectural Geometry*. Bentley Institute Press, Exton (Pennsylvania).

Ryan, DL 1992 *CAD/CAE descriptive geometry*. CRC Press, Boca Ratón (Florida).

Standiford, K, Standiford, D 2000 *Descriptive geometry: an integrated approach using AutoCAD*. Delmar, Clifton Park (New York).



IMPLANTACIÓN DEL E.E.E.S. EN LA ASIGNATURA DE TOPOGRAFÍA Y REPLANTEOS DE LA TITULACIÓN DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE SEVILLA. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS MEDIANTE COMPETENCIAS ACADÉMICO-PROFESIONALES.

Joaquín AGUILAR CAMACHO
Gabriel GRANADO CASTRO
Rafael Miguel ESTEVE PARDAL
Francisco Ramón LOZANO MARTÍNEZ

Universidad de Sevilla
Departamento De Ingeniería Gráfica

ABSTRACT

Within the context of educational convergence began with the agreements of the Bologna Declaration and the perspective of European Higher Education Area –EHEA forward-, the design of teaching should be developed through learning processes that are based on the acquisition the student-professional academic skills during their training cycle.

INTRODUCCIÓN

Dentro del contexto de convergencia educativa iniciado con los acuerdos de la Declaración de Bolonia, y bajo la perspectiva del Espacio Europeo de Educación Superior –EEES en adelante-, el diseño de la enseñanza debe desarrollarse mediante procesos de aprendizajes que tienen como base la adquisición por parte del estudiante de competencias académico-profesionales durante su ciclo formativo.

Según el proyecto Tuning⁸⁸, las competencias se definen como una combinación dinámica de cuatro atributos –conocimientos, actitudes, destrezas y responsabilidades- que describen el nivel o grado de suficiencia con que una persona es capaz de desempeñarlos. Por tanto ayuda a definir los "resultados de aprendizaje" de un determinado programa de estudio; es decir, las capacidades que los estudiantes deben adquirir como consecuencia del proceso de enseñanza-aprendizaje.

OBJETIVOS

Dentro del contexto anteriormente expuesto, la presente ponencia aporta nuestra particular experiencia con la adaptación a las exigencias del EEES llevada a cabo en el programa y en los proyectos docentes de la asignatura de Topografía y Replanteos, de la titulación de Ingeniería de Edificación de la Universidad de Sevilla.

En este sentido, la presente ponencia recoge parte del trabajo realizado durante los dos últimos cursos académicos –2010/11 y 2011/12- por el grupo de profesores que han materializado dicha adaptación, cuya visión y experiencia quedan plasmadas en el presente documento.

Debido a la necesaria limitada extensión de la ponencia, su contenido se centra en la redacción de los objetivos de la asignatura en términos de competencias académico-profesionales, pero no se abordan aspectos tan interesantes como los planteamientos metodológicos, las actividades, los contenidos detallados por lecciones, la temporalización o las propuestas de evaluación establecidas para articular la consecución de estos objetivos.

PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS Y COMPETENCIAS EN EL NUEVO PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

El papel de los objetivos en la planificación de la enseñanza.-

Los objetivos constituyen la referencia de los logros que se pretenden alcanzar durante todo el curso y sirven para establecer los contenidos, la metodología y los criterios de evaluación, así como para el diseño de las actividades formativas.

En las nuevas titulaciones universitarias de carácter oficial los objetivos iniciales se establecen con base en el perfil profesional para el que habilita el título y siempre, en términos de competencias académico-profesionales que el estudiante debe adquirir durante su trayectoria curricular. Para la titulación de Grado en Ingeniería de Edificación estos objetivos quedan determinados en la Orden ECI/3855/2007, de 27 de noviembre⁸⁹.

⁸⁸ Tuning Educational Structures in Europe, Informe final. Proyecto piloto Fase 1, p. 34.

⁸⁹ Orden ECI/3855/2007, de 27 de noviembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico.

La planificación de la enseñanza en base a las competencias académico-profesionales.-

Dentro del proceso de planificación docente, según el profesor Álvarez Rojo⁹⁰, la vertebración de las competencias académico-profesionales queda establecida en orden a un procedimiento jerárquico. Éste comienza con la confección del perfil académico-profesional de cada titulación en el que se establecen los objetivos generales y específicos -en clave de competencias-. El siguiente paso, dentro de la jerarquía establecida, lo constituye el diseño de la estructura de las enseñanzas mediante los planes de estudio, en el que los objetivos y las competencias inicialmente fijadas se despliegan por asignaturas -de carácter básicas, obligatorias y optativas-. Dentro de cada asignatura las competencias directoras o de primer orden se desagregan en subcompetencias, cuyo desarrollo se alcanza por medio de una herramienta fundamental como es el programa de la asignatura y se concreta a través de los módulos o bloques temáticos de aprendizaje. Por último, el proyecto docente constituye el eslabón final del proceso. En él, mediante la lección o tema se vertebran las subcompetencias de cada bloque temático en elementos de competencia, a partir de los cuales se establecen los contenidos elementales que junto a la metodología, los procesos, las actividades, los medios, los recursos, la temporalización y la evaluación de evidencias plasmarán la propuesta concreta del docente para facilitar la adquisición al alumno de los objetivos y las competencias académico-profesionales demandadas.

Objetivos planteados en el vigente programa de la asignatura.-

En la formulación de los objetivos del vigente programa de la asignatura, se ha optado por agrupar estos realizando la diferenciación entre objetivos generales y objetivos específicos que concretan e informan de los conocimientos, habilidades y conductas que deben ser adquiridos por los estudiantes.

Objetivos generales:

Como objetivos generales de la asignatura, su actual programa recoge los siguientes logros dentro de las atribuciones en la disciplina de Topografía y Replanteos, que la legislación vigente atribuye a la profesión de Arquitecto Técnico:

- Planificar, ejecutar y resolver de forma real o simulada un levantamiento de un terreno o elemento arquitectónico, aplicando los métodos y medios topográficos adecuados, necesarios y más rentables a cada caso, con la finalidad de elaborar un documento gráfico de interpretación universal y con información métrica precisa y que pueda servir de base a otros trabajos topográficos o de carácter técnico.
- Materializar y verificar un replanteo sobre el terreno aplicando los métodos y medios topográficos adecuados, necesarios y más rentables a cada caso, con la finalidad de definir la geometría necesaria para la ejecución real o simulada de parcelaciones, alineaciones y elementos constructivos o accesorios propios de una obra y un proyecto de edificación, con rigor y precisión, para que puedan servir de base a otros trabajos topográficos o de carácter técnico.

Objetivos específicos:

Los objetivos específicos son el desarrollo concreto de estos dos objetivos generales propuestos. En el caso que nos ocupa, estos objetivos específicos tienen como punto de partida las cuatro competencias directoras atribuidas a la nueva asignatura de Topografía y Replanteos en la Memoria de solicitud de verificación del título de Grado en Ingeniería de Edificación -Memoria de verificación, en adelante- para la Universidad de Sevilla, aprobada por la ANECA. Estas competencias son:

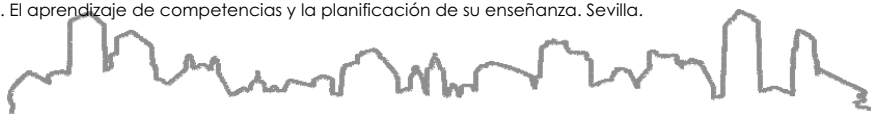
- E18. Aptitud para trabajar con la instrumentación topográfica y proceder al levantamiento gráfico de terrenos, solares y edificios, y su replanteo sobre el terreno.
- E19. Conocimiento^{91 y92} de los procedimientos y métodos infográficos y cartográficos en el campo de la edificación.
- E20. Capacidad para interpretar y elaborar la documentación gráfica de un proyecto, realizar tomas de datos, levantamientos de planos y el control geométrico de unidades de obra.
- E21. Conocer^{11 y12}, analizar y aplicar correctamente los métodos topográficos.

Estos objetivos se concretan y desagregan, según la propuesta del profesor Álvarez Rojo, en términos de subcompetencias dentro del programa de la asignatura y en términos de elementos de competencias

⁹⁰ ÁLVAREZ ROJO, V. 2008. El aprendizaje de competencias y la planificación de su enseñanza. Sevilla.

⁹¹ Destacar la inadecuada redacción de estas competencias en la memoria de verificación del título, pues según el profesor Álvarez Rojo, ésta no debe centrarse en el "saber", "conocer" o "entender", sino en lo que el alumno será capaz de hacer cuando las adquiera.

⁹² ÁLVAREZ ROJO, V. 2008. El aprendizaje de competencias y la planificación de su enseñanza. Sevilla.



específicas –conocimiento, actitudes, destrezas y resultados- que el alumno debe adquirir y desarrollar durante el curso, a través de los proyectos docentes.

Competencias de la asignatura.-

En el Documento-Marco sobre la Integración del Sistema Universitario Español en el Espacio Europeo de Enseñanza Superior (MECD, 2003) se expone que: "los objetivos formativos de las enseñanzas oficiales de nivel de grado tendrán, con carácter general, una orientación profesional, es decir, deberán proporcionar una formación universitaria en la que se integren armónicamente las competencias genéricas básicas, las competencias transversales relacionadas con la formación integral de las personas y las competencias más específicas que posibiliten una orientación profesional que permita a los titulados una integración en el mercado de trabajo".

Seguendo la propuesta del modelo Tuning, a su vez, estas competencias figuran clasificadas en dos grupos:

- Competencias transversales o genéricas.- Son los elementos compartidos -tales como la capacidad de aprender, de tomar decisiones, de diseñar proyectos, las destrezas administrativas, etc.- que son comunes a todas o a la mayoría de las titulaciones. Son importantes para todos los alumnos, independientemente de lo que estudien.
- Competencias específicas.- Son propias de las distintas áreas o campos de estudio y propias de cada perfil profesional -están vinculadas a cada titulación-.

Por último, destacar que con las competencias se integran los tres pilares fundamentales que la educación superior debe desarrollar en los futuros titulados⁹³:

- "Conocer y comprender" -conocimientos teóricos de un campo académico-.
- "Saber cómo actuar" -aplicación práctica y operativa del conocimiento-.
- "Saber cómo ser" -valores marco de referencia al percibir a los otros y vivir en sociedad-.

Competencias transversales o genéricas

El mapa de competencias elaborado por la comisión encargada de redactar la Memoria de verificación, contempla el desarrollo en la disciplina de Topografía y Replanteos de las siguientes competencias genéricas:

- G01. Capacidad de organización y planificación.
- G02. Capacidad para la resolución de problemas.
- G07. Capacidad para trabajar en equipo.
- G11. Capacidad de improvisación y adaptación para enfrentarse a nuevas situaciones.
- G15. Capacidad de comunicación a través de la palabra y de la imagen.
- G18. Poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel, que si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de su campo de estudio.
- G19. Aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y resolución de problemas dentro de su área de estudio.
- G21. Transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no.
- G22. Desarrollar aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.
- G23. Conocer y comprender el respeto a los derechos fundamentales, a la igualdad de oportunidades entre hombres y mujeres, la accesibilidad universal para personas con discapacidad, y el respeto a los valores propios de la cultura de la paz y los valores democráticos.

Competencias específicas:

Las competencias específicas de la disciplina, establecidas en la Memoria de verificación, corresponden a las cuatro competencias marco –E18, E19, E20 y E21- aludidas anteriormente. Éstas competencias sirven de base para la vertebración de los objetivos específicos de la asignatura en términos de subcompetencias –a través del programa de la asignatura- y en términos de elementos de competencia –por medio de los proyectos docentes- hasta establecer el punto de partida para la definición de los contenidos detallados que se impartirán durante el curso, a fin de alcanzar estos objetivos de partida.

⁹³ Delors, 2000.

Subcompetencias y elementos de competencia específicos de la asignatura.-

Al hilo de lo anteriormente expuesto, la desagregación de estas cuatro competencias específicas y directoras hasta concretar el contenido detallado que debe ser impartido durante el curso, se realiza⁹⁴ a través de la formulación del programa de la asignatura y del proyecto docente. El primero, desarrolla las competencias específicas directoras asignadas a la asignatura en subcompetencias o unidades de competencia -U.C.- agrupadas por bloque temático de contenidos. El segundo, constituye la herramienta que concreta las subcompetencias, para cada lección o tema, en elementos de competencia -E.C.-.

Por tanto, siguiendo las recomendaciones del profesor Álvarez Rojo, los objetivos específicos del curso se concretan en el programa de la asignatura en un total de 24 subcompetencias -U.C.- y 100 elementos de competencia -E.C.-, que servirán para definir a partir de ellos los contenidos, la metodología, las actividades y la evaluación de la asignatura.

E18. APTITUD PARA TRABAJAR CON LA INSTRUMENTACIÓN TOPOGRÁFICA Y PROCEDER AL LEVANTAMIENTO GRÁFICO DE TERRENOS, SOLARES Y EDIFICIOS, Y SU REPLANTEO SOBRE EL TERRENO.

U.C.1. Elegir la instrumentación topográfica adecuada para la realización de trabajos topográficos en edificación.

- E.C.1.1. Elegir adecuadamente los instrumentos más indicados para materializar un levantamiento altimétrico, planimétrico y/o taquimétrico, en función a las exigencias finales del trabajo solicitado.
- E.C.1.2. Elegir adecuadamente los instrumentos más indicados para materializar un replanteo altimétrico, planimétrico y/o taquimétrico, en función a las exigencias finales del trabajo solicitado.

U.C.2. Operar y manejar una estación total en trabajos topográficos de levantamientos y replanteos aplicados a la edificación.

- E.C.2.1. Estacionar y orientar una estación total mediante ángulo, coordenadas y estacionamiento libre.
- E.C.2.2. Realizar lectura y gestión de los datos de un levantamiento y/o un replanteo con una estación total Leica Flexline TS02 en campo.
- E.C.2.3. Aplicación y resolución práctica del método de enlace directo de Moinot entre estaciones en campo.

U.C.3. Operar y manejar sistemas de posicionamiento global en trabajos topográficos aplicados a la edificación.

- E.C.3.1. Configurar acorde al modo y método de trabajo precisado un receptor GPS Leica Viva Uno.
- E.C.3.2. Tomar y gestionar datos con un receptor GPS Leica Viva Uno aplicando métodos de posicionamiento absoluto y diferencial.
- E.C.3.3. Aplicar correcciones diferenciales DGPS y postproceso a levantamientos en modo diferencial con receptores Leica Viva Uno.
- E.C.3.4. Realizar replanteos planimétricos con receptores Leica Viva Uno aplicando correcciones diferenciales DGPS.

U.C.4. Operar y manejar niveles en trabajos topográficos de levantamientos y replanteos aplicados a la edificación.

- E.C.4.1. Verificar y corregir un nivel de anteojo Leica Sprinter 100.
- E.C.4.2. Tomar y registrar lecturas de mira en campo mediante estadillos de nivelación.
- E.C.4.3. Realizar itinerarios de nivelación geométrica –cerrados y encuadrados- con niveles ópticos y electrónicos.
- E.C.4.4. Replantar puntos altimétricos y determinar la cota de puntos mediante niveles láser Topcon RL-VH3D.
- E.C.4.5. Determinar cotas con mira invertida y en posición normal.
- E.C.4.6. Trasladar niveles de referencia altimétricos –pesos- y cotas en elementos constructivos con ayuda del nivel láser y el nivel de agua.
- E.C.4.7. Replantar alineaciones perpendiculares y escuadras en un terreno o en una obra con ayuda de un nivel láser.
- E.C.4.8. Comprobar la verticalidad o falta de aplome en elementos constructivos con un nivel láser.

U.C.5. Procesar datos de un levantamiento con estación total para la elaboración de un modelo digital del terreno.

- E.C.5.1. Identificar en el terreno las líneas de rotura, los contornos y los puntos de relleno que mejor representarán a éste en el modelo digital, en función de la precisión de representación requerida.
- E.C.5.2. Aprender a utilizar códigos asociados a los puntos de un mismo elemento del levantamiento.
- E.C.5.3. Identificar el número mínimo de estacionamientos necesarios, los puntos más idóneos para ello y los procedimientos más adecuados para realizar el levantamiento de un terreno.

U.C.6. Procesar datos de un levantamiento altimétrico de precisión con nivel automático.

- E.C.6.1. Determinar el error de cierre en itinerarios altimétricos.
- E.C.6.2. Determinar la tolerancia máxima admisible de un trabajo de nivelación.
- E.C.6.3. Calcular desniveles relativos y cotas de puntos.
- E.C.6.4. Compensar el error de cierre altimétrico en itinerarios de nivelación cerrados y encuadrados.

⁹⁴ ÁLVAREZ ROJO, V.: El aprendizaje de competencias y la planificación de su enseñanza. Sevilla, 2008.



- U.C.7. Elaborar el tratamiento de datos para el replanteo en terrenos, solares y edificios con estación total.
- E.C.7.1. Analizar sobre el proyecto los puntos necesarios para replantear planimétricamente sobre el terreno una geometría o un edificio, o elementos constructivos en una obra.
 - E.C.7.2. Elaborar un plano de replanteo con toda la información precisa para su materialización y verificación.
 - E.C.7.3. Gestionar, procesar y volcar a la estación total Leica Flexline TS02 los datos necesarios para materializar un replanteo.
 - E.C.7.4. Localizar y materializar las coordenadas planimétricas de puntos, alineaciones rectas y alineaciones curvas sobre el terreno y en elementos constructivos de una obra de edificación.
 - E.C.7.5. Identificar los elementos necesarios y adecuados para replantear y verificar la geometría de elementos constructivos.
 - E.C.7.6. Verificar y controlar la precisión de los elementos replanteados y la exactitud de su geometría y posición.
- U.C.8. Elaborar el tratamiento de datos para el replanteo en terrenos con sistemas de posicionamiento global.
- E.C.8.1. Conocer los emplazamientos en los que el uso de la tecnología GPS es viable y los tipos de replanteos que se pueden realizar en función de las distintas configuraciones tecnológicas.
 - E.C.8.2. Comprobar que la precisión del equipo y la tecnología a emplear son adecuados para lograr la precisión requerida en función de la finalidad del replanteo.
 - E.C.8.3. Gestionar, procesar y volcar a la libreta GPS Leica Viva Uno los datos necesarios para materializar un replanteo.
 - E.C.8.4. Localizar y materializar las coordenadas planimétricas de puntos, alineaciones rectas y alineaciones curvas sobre el terreno.
 - E.C.8.5. Verificar y controlar la precisión de los elementos replanteados y la exactitud de su geometría y posición.
- E19. CONOCIMIENTO DE LOS PROCEDIMIENTOS Y MÉTODOS INFOGRÁFICOS Y CARTOGRÁFICOS EN EL CAMPO DE LA EDIFICACIÓN.
- U.C.9. Elaborar un modelo digital del terreno con software específico de topografía –Protopo v.6.1-.
- E.C.9.1. Buscar y analizar las posibilidades tecnológicas y de software profesional que ofrece el mercado actual para la elaboración de un MDT y valorar las ventajas y desventajas de las principales opciones de distribución comercial y libre.
 - E.C.9.2. Conocer los procedimientos generales necesarios para la obtención de un MDT elemental a partir de una nube de puntos de un levantamiento topográfico.
 - E.C.9.3. Adquirir la capacidad suficiente en los procedimientos necesarios para la elaboración de un MDT con la aplicación específica Protopo v.6.1.
 - E.C.9.4. Elaborar representaciones a escala de un terreno a partir de su modelado mediante un MDT.
- U.C.10. Elaborar el tratamiento de un modelo digital del terreno con software específico de topografía –Protopo v.6.1- para la obtención de planimetrías, curvados, explanaciones, perfiles, superficies y volúmenes del terreno.
- E.C.10.1. Obtener el curvado sin suavizar y suavizado de un terreno a partir de su modelado mediante un MDT con ayuda de la aplicación Protopo v.6.1.
 - E.C.10.2. Interpretar y analizar la forma y la configuración de un terreno a partir de su representación mediante un plano con curvas de nivel.
 - E.C.10.3. Representar un terreno a escala mediante un plano de curvas de nivel normalizadas.
 - E.C.10.4. Calcular la superficie de un terreno o partes de éste a partir de su modelado mediante un MDT con ayuda de la aplicación Protopo v.6.1.
 - E.C.10.5. Obtener secciones longitudinales de un terreno a partir de su modelado mediante un MDT con ayuda de la aplicación Protopo v.6.1.
 - E.C.10.6. Elaborar perfiles longitudinales normalizados de un terreno a partir de su modelado mediante un MDT con ayuda de la aplicación Protopo v.6.1.
 - E.C.10.7. Interpretar y analizar la forma y la configuración de un terreno a partir de su representación mediante un perfil longitudinal normalizado.
 - E.C.10.8. Implantar, representar e interpretar en un perfil longitudinal la rasante de una obra de desarrollo lineal.
 - E.C.10.9. Calcular los datos necesarios para elaborar perfiles longitudinales normalizados.
- U.C.11. Localizar, interpretar y elegir la cartografía adecuada requerida en un proyecto de edificación, analizando las principales fuentes de producción y distribución cartográfica a nivel nacional y local.
- E.C.11.1. Estudiar los criterios de diferenciación entre mapa, plano y carta de navegación e identificar los elementos que los definen.
 - E.C.11.2. Identificar las principales escalas de distribución cartográfica y las fuentes y organismos de elaboración y distribución cartográfica a nivel nacional y local.
 - E.C.11.3. Analizar los elementos y tipos de proyección utilizados para la elaboración de la cartografía nacional.
 - E.C.11.4. Consultar la cartografía urbana catastral on line, identificar sus principales aplicaciones y limitaciones dentro del ámbito de la edificación y obtener los parámetros de superficies de una finca.
 - E.C.11.5. Identificar el concepto, la finalidad y la diferencia entre un sistema de información geográfico y de una infraestructura de datos espaciales.
 - E.C.11.6. Analizar los fundamentos de la proyección UTM e interpretar coordenadas expresadas en este sistema, coordenadas geográficas y coordenadas elipsólicas.

- U.C.12. Resolver planimétricamente parcelaciones y deslindes de terrenos en edificación, bajo condicionantes de carácter urbanístico.
- E.C.12.1. Calcular particiones paralelas, con frente de fachada fijo y concurrentes de una parcela de terreno con ayuda de la aplicación Protopo v.6.1, a partir de unos criterios y condicionantes establecidos.
 - E.C.12.2. Representación a escala de la división de un terreno en parcelas mediante un plano de parcelación con indicación de las superficies resultantes.
 - E.C.12.3. Replantar las parcelas resultantes de la parcelación de un terreno mediante deslinde de sus linderos.
 - E.C.12.4. Identificar los elementos necesarios para materializar en el terreno el deslinde de una parcelación.
 - E.C.12.5. Elaborar a escala un plano de deslinde y control de su ejecución.
 - E.C.12.6. Materializar el deslinde de una parcela de terreno con ayuda de una estación total.
 - E.C.12.7. Verificar y comprobar el deslinde de una parcela sobre el terreno.
- E20. CAPACIDAD PARA INTERPRETAR Y ELABORAR LA DOCUMENTACIÓN GRÁFICA DE UN PROYECTO, REALIZAR TOMAS DE DATOS, LEVANTAMIENTOS DE PLANOS Y EL CONTROL GEOMÉTRICO DE UNIDADES DE OBRA.
- U.C.13. Interpretar y estudiar los sistemas de referencia geodésicos empleados en sistemas de posicionamiento global.
- E.C.13.1. Identificar, interpretar y expresar las coordenadas de un punto en sistemas geodésicos globales de referencia: WGS-84, GRS-80.
 - E.C.13.2. Conocer las principales aplicaciones de los diversos marcos y sistemas de referencia globales: ITRS/ITRF y ETRS/ETRF.
 - E.C.13.3. Identificar, interpretar y expresar las coordenadas de un punto en sistemas geodésicos locales de referencia: European Datum Internacional (ED50).
 - E.C.13.4. Realizar transformaciones entre sistemas geodésicos de referencia globales y locales.
- U.C.14. Interpretar y aplicar los sistemas de referencia topográficos utilizados en edificación.
- E.C.14.1. Identificar y aplicar sistemas locales de referencia, de carácter públicos y/o privados, en el ámbito de la edificación y desarrollar e integrar trabajos topográficos dentro de los mismos.
 - E.C.14.2. Definir, implementar y aplicar sistemas autónomos de referencia para la realización de trabajos topográficos en edificación.
- U.C.15. Utilizar y transformar las coordenadas habituales en trabajos topográficos aplicados a la edificación.
- E.C.15.1. Localizar un punto en el plano/espacio mediante coordenadas polares/esféricas y operar analíticamente con este tipo de coordenadas.
 - E.C.15.2. Localizar un punto en el plano/espacio mediante coordenadas cartesianas y operar analíticamente con este tipo de coordenadas.
 - E.C.15.3. Transformar coordenadas cartesianas en polares y viceversa.
- U.C.16. Identificar e interpretar la normativa de obligado cumplimiento para el replanteo en edificación.
- E.C.16.1. Conocer e interpretar las exigencias prescritas para la ejecución del replanteo de elementos estructurales de hormigón armado fijadas en la instrucción EHE-08.
 - E.C.16.2. Conocer e interpretar las exigencias prescritas para la ejecución del replanteo de forjados fijadas en la instrucción EFHE-02.
 - E.C.16.3. Conocer e interpretar las exigencias prescritas para la ejecución del replanteo de diversas unidades de obras por el Código Técnico de la Edificación.
 - E.C.16.4. Localizar e interpretar las exigencias prescritas para la ejecución del replanteo de diversas unidades de obras por un pliego de prescripciones técnicas de una obra de edificación.
 - E.C.16.5. Conocer e interpretar otras disposiciones de no obligado cumplimiento sobre replanteo de unidades de obra y sus tolerancias.
- U.C.17. Verificar y comprobar replanteos en edificación.
- E.C.17.1. Verificar el replanteo de puntos y alineaciones rectas mediante comprobación de distancias y ángulos.
 - E.C.17.2. Verificar el replanteo de arcos y alineaciones curvas mediante la comprobación de cuerdas, flechas, radios y ángulos.
 - E.C.17.3. Verificar el replanteo de cotas mediante la comprobación de desniveles relativos.
- U.C.18. Analizar topográficamente para su replanteo elementos constructivos en edificación y urbanización: rasantes, alineaciones e instalaciones.
- E.C.18.1. Identificar los elementos singulares imprescindibles para caracterizar la geometría de elementos de urbanización vinculados al ámbito de la edificación, así como materializar y verificar su replanteo, todo ello aplicado al caso de: rasantes de viales rectos, glorietas circulares, redes de alcantarillado y pozos de registro.
 - E.C.18.2. Identificar los elementos singulares imprescindibles para caracterizar la geometría de elementos constructivos propios del ámbito de la edificación, así como materializar y verificar su replanteo, todo ello aplicado al caso de: cimentaciones aisladas y corridas, redes de saneamiento y arquetas, elementos estructurales verticales aislados y corridos, escaleras, elementos de partición interior rectos y curvos y trazado de instalaciones.
- U.C.19. Elaborar y presentar los resultados de un trabajo topográfico.



- E.C.19.1. Elaborar y presentar planos topográficos con ayuda de la aplicación Autocad 2010.
- E.C.19.2. Seleccionar el contenido y la información adecuada que debe contener una serie temática de planos sobre un trabajo topográfico dentro del ámbito de la edificación, en función de la finalidad del mismo.
- E.C.19.3. Elaborar una serie temática de planos con la información necesaria y suficiente, con claridad y legibilidad adecuada, con precisión y a escala, según los estándares de normalización para la presentación e impresión de planos topográficos dentro del ámbito de la edificación.
- E.C.19.4. Elaborar, presentar, exponer y defender una memoria descriptiva y de cálculo sobre el desarrollo y los resultados de un trabajo topográfico dentro del ámbito de la edificación.

E21. CONOCER, ANALIZAR Y APLICAR CORRECTAMENTE LOS MÉTODOS TOPOGRÁFICOS.

U.C.20. Aplicar los métodos topográficos taquimétricos y de triangulación al ámbito de la edificación.

- E.C.20.1. Conocer los fundamentos teóricos y las principales aplicaciones de los métodos topográficos taquimétricos (radiación simple, radiación compuesta e itinerarios), así como materializar un levantamiento o replanteo con estación total mediante cada uno de estos métodos, dentro del ámbito de la edificación.
- E.C.20.2. Conocer los fundamentos teóricos y las principales aplicaciones de los métodos topográficos de triangulación (intersección directa, intersección inversa y trilateración), así como materializar un levantamiento o replanteo con estación total mediante cada uno de estos métodos, dentro del ámbito de la edificación.

U.C.21. Aplicar los métodos topográficos altimétricos al ámbito de la edificación.

- E.C.21.1. Conocer los fundamentos teóricos y las principales aplicaciones de los métodos topográficos altimétricos (radiación simple, radiación compuesta e itinerarios), así como materializar un levantamiento con nivel óptico-electrónico mediante cada uno de estos métodos, dentro del ámbito de la edificación.
- E.C.21.2. Conocer los fundamentos teóricos de la nivelación geométrica por alturas y su aplicación en el replanteo de cotas y planos de referencia altimétrica con nivel láser, dentro del ámbito de la edificación.
- E.C.21.3. Diferenciar entre las aplicaciones, ventajas e inconvenientes entre la nivelación geométrica por alturas y la nivelación trigonométrica por pendientes.

U.C.22. Identificar las principales fuentes de errores en trabajos taquimétricos y de triangulación.

- E.C.22.1. Determinación y corrección del error introducido por la esfericidad terrestre en planimetría y altimetría.
- E.C.22.2. Determinación, interpretación y valoración de los errores sistemáticos vinculados a la precisión o desajuste de los instrumentos.
- E.C.22.3. Determinación y corrección de los errores accidentales y sistemáticos acumulados en el desarrollo de cada método topográfico.

U.C.23. Identificar las principales fuentes de errores en trabajos con sistemas de posicionamiento global.

- E.C.23.1. Conocer las principales fuentes de error que influyen en la determinación de posiciones con tecnología GPS y la influencia cuantitativa de cada tipo en la componente total de error.
- E.C.23.2. Determinar, interpretar y valorar el error de geometría por configuración espacial de los satélites (DOP).
- E.C.23.3. Conocer e interpretar la influencia de las fuentes intencionadas de error en la señal GPS (disponibilidad selectiva y anti-spoofing) y valorar las opciones existentes para su minimización.
- E.C.23.4. Interpretar el error circular probable como factor de dispersión o incertidumbre en la determinación de una posición con tecnología GPS.

U.C.24. Identificar las principales fuentes de errores en trabajos de nivelación geométrica.

- E.C.24.1. Determinación y corrección del error introducido por la esfericidad terrestre en altimetría.
- E.C.24.2. Determinación y corrección del error introducido por la refracción del rayo visual en altimetría.
- E.C.24.3. Determinación y corrección de los errores sistemáticos vinculados a la precisión o desajuste de los instrumentos.
- E.C.24.4. Determinación y corrección de los errores accidentales y sistemáticos acumulados en el desarrollo de cada método topográfico.

En cuanto a las competencias genéricas, éstas se trabajan conjunta y transversalmente con los objetivos específicos definidos para el curso a través de la metodología y de las actividades docentes planificadas.

CONCLUSIONES

Los planteamientos aquí formulados sirven para reflejar la filosofía y las líneas maestras bajo las que se ha afrontado la ineludible armonización con el nuevo modelo de educación y aprendizaje basado en la

formación por competencias derivado del EEES, dentro de la asignatura de Topografía y Replanteos en la titulación de Grado en Ingeniería de Edificación de la Universidad de Sevilla.

Si bien aún es pronto para vaticinar resultados sobre el modelo y los cambios adoptados -nos encontramos en el tramo final del segundo curso académico desde su implantación-, así como de sus efectos sobre el proceso de aprendizaje de los estudiantes, sí podemos afirmar que el nuevo modelo ha servido, al menos de momento, para reformular unos planteamientos y unas metodologías que ciertamente habían quedado desfasadas.

Como conclusión final indicar que, en la asignatura que nos ocupa, la aplicación de las directrices del EEES ha permitido realizar un profundo proceso de reflexión y transformación, que ha dado lugar a una asignatura renovada por completo, con unos contenidos más actuales, de clara orientación profesional, y a un proceso de reciclado en cuanto al papel del profesorado de la misma, no sólo a nivel académico -que ciertamente ha sido significativo y positivo-, sino a nivel metodológico, asumiendo nuevos retos y roles relacionadas con la estructuración de situaciones, la motivación para la acción, la orientación sobre procesos, la presentación de contenidos e informaciones y la sugerencia de fuentes de información, entre otras.

LISTA DE REFERENCIAS

Álvarez Rojo, V.; y otros. 2007. Proyecto de investigación EvalCAU. La evaluación orientada al aprendizaje universitario. Guía para su diseño e implantación. UCA. Cádiz.

Álvarez Rojo, V. 2008. El aprendizaje de competencias y la planificación de su enseñanza. US. Sevilla.

De Miguel, M. 2006. Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias. Orientaciones para el profesorado universitario ante el espacio europeo de educación superior. Alianza editorial. Madrid.

Granado Castro, G.; Aguilar Camacho, J. 2009. Programa de la asignatura de Topografía y Replanteos del Grado de Ingeniería de Edificación de la Universidad de Sevilla.

Granado Castro, G.; Aguilar Camacho, J. 2011. Proyecto docente de la asignatura de Topografía y Replanteos del Grado de Ingeniería de Edificación de la Universidad de Sevilla.

González, J. Y Wagenaar, R. 2005. Tuning Educational Structures in Europe II. Informe Final de la Fase 2. Universidad de Deusto.

Varios autores. 2005/2006: Guía orientativa para la elaboración de proyectos docentes de asignaturas. Vicerrectorado de Ordenación Académica de la UVA. Valladolid.



NEW WAYS OF DRAWING: INNOVATION, EXPRESSION, LEARNING

Pedro António ALEXANDRE JANEIRO
Ivo MARTINS COVANEIRO

Faculty of Architecture, Technical University of Lisbon
Department of Drawing and Visual Communication
Centro de Investigação em Arquitectura, Urbanismo e Design, C.I.A.U.D.
Portugal

Research Project: *IMMAGINATED ARCHITECTURES: ARCHITECTONICAL GRAPHICAL REPRESENTATION AND "OTHER-IMAGES"*

Resumen:

Para mí, incluso ahora, dibujar es eso: resolver los nudos de una madeja, tomar el final de una línea y poner en orden (mi orden) el violento caos del mundo. Quizá sea por esto por lo que me interesa el dibujo más como proceso que como producto. Me interesa más la línea que se mueve que el ovillo terminado; el proceso, más que el producto.

Me interesa más el gesto que hace la mano; cuántas veces se para; la velocidad con la que la hebra viaja de la madeja al ovillo, más que la propia madeja o el propio ovillo. Lo que me interesa de ellos es, sobre todo, el tiempo. El que dibuja, sabe que al dibujar el tiempo parece detenerse. Se trata de algo así como poner el mundo entre paréntesis en cuanto vemos que la línea se convierte en algo; una epoché, una especie de ek-stase.

My father, when I was a kid drew like anyone: my first contact with this "thing" that is remove from reality, or create from (invisible-)imagination, other-"thing"-similar-like-"it" was through him; he invented landscapes, explained things to me, drew donkeys (still my favorite animal), flowers made of hearts, Speedy Gonzalez, all through drawings.

When I was a child I used to go to my father's studio, and there, he gave me sheets of paper; in those times I could not even read and I didn't know the weight of words.

He gave me paper and I drew. I was trying to repeat my father's drawings.

I was drawing, just drawing; things.

Drawing is good but it has a price. It is true that I was trying to repeat my father's drawings, but what I really liked to draw was my hand.

With my hand over the A4 sheet and with a graphite pencil I was making the line travel around the periphery of my left hand.

Only much time later I met Lascaux. Only much time later I met *The Life of Forms*, followed by the *Praise of the Hand* by Henri Focillon, first published in 1943. Hands, he says: "They are almost alive beings. Are they slaves?"

The hands, I remind you the text: "[...] in the back light of one witness of the great *Resurrection of Lazarus*, the working and academic hand of Dr. Tulp, holding with a clamp a bundle of arteries in the *Anatomy Lesson*, Rembrandt's hand drawing, the amazing hand of St. Matthew writing the Bible dictated by an angel, the hands of the old cripple in *Coin of One Hundred Florins*, duplicated by the big and naive gloves hanging from his waist."

My own hands on a draw, those I made when I was a child, I don't have even one copy today.

The hands are slaves of the Spirit.

(Before continuing I need to say one thing. In fact, several things.)

Point one: Thank you for being here, it is an honor for me telling me contemporary with you here.

Point two: I consider more *the Human* than erudition, more who-speaks than what-is-speaking-the-speaker.

Point three: I consider more important to talk about what is needful to speak in first person than exhaust ourselves in quotes, bibliographies, and authors, and, above all, that I reject, with all my cells, the (academic?) fear to say what we really think about the things of the world using, instead of the majestically typical plural of scientific discourses, the word *myself*.

Only one more point, please, point four: that I am fully aware, on the one hand, that the speech-about-something is replacing that something; and, on the other hand, I don't have, as human, legitimacy to speak about something that I don't know.

And more, point five: that the Truth in Science is a relative value, therefore a paradox, upgradeable; that the only Discipline where Truth is not is a "continuous movement" is for Theology (which, interestingly, is the study of God); to finish, point six: I am, as the way that Heidegger describe things, *Mortal on Earth* and I can make mistakes and/or review my positions on things.)

(Before continuing I need to say one other thing, this was actually what I meant: I'll just talk about myself and what I think about *Drawing*.)

It amazes me Lascaux: the silhouette of a man's hand before me on the wall of a cave saying him, saying to me: "I am here and I was here." Here, really here: where he was with his feet in the same place where I am, where he - assuming his verticality - had been with his own two feet supporting his body.

Here, architecture. He and me: men.

Drawing is, among other things, a will of the body. Who draws knows that is the body who wants another draw: one more fixed instant, even if it is the last one.

Marie Antoinette Habsburg-Lorraine, it is said, asked the man who pulled the rope –which was also a line – the guillotine on 16 October 1793: "Just one more minute."

Just one more minute (to see again), a second look, a new look.

One minute to see. To see the world for the last time.

We live concentrated in draws as a product. Finished, if they could speak, they would tell us the world, but the drawings do not speak, they don't say nothing, they are silent, they do not delight us like the words enchant us, they don't deceive us, they don't cheat us, they don't lie to us, the drawings are always true, even those of Escher, and they are always "this", even the Ceci from "*Ceci n'est pas une pipe*"; the drawings are the world and from the world itself.

The draws are always Ceci, This. They live from This, they replace This (*This is always the world*) I mean: they, as a product, are a vestige of a human moment in the world.

I am fascinated with this idea: that the drawing is a kind of robbery. A drawing *al vif*, among other things, is a kind of fragment that I cut and steal to reality.

Drawing is a permissible robbery: because what one draw steal, gives it back in double or more, to the stolen world. When I say that some draw is good then the world is richer because, as a product, that draw is one more object in the world. I steal but I give it back: what-I-steal don't stay because the movement of the world is continuous, but what I give – this instant of world turned into a thing – replace it.

I say that I steal, but I know that I give it back.

If I draw on a portable support (a sheet of paper, for example) I steal and I bring the stolen world under my arm; if I draw on a surface that I cannot carry with me (on a wall, on the floor, on the glass of one window, for example) I leave a trace of my crime at the scene of the crime; If I draw on the dirty surface of a car with my finger, then my drawing will travel; in this is evolved my body who wants it.

When it was presented to me the concept of "intentionality" – by Husserl and Merleau-Ponty, my guides, through their written word – not only changed my life as I began to see a draw as, like all things that the body produces, a practical posture of one theoretical and philosophical proposal; an effectively encased of the body with the world, a combination of the *body-that-is-world* with the *world-itself*, a split of consciousness through, not what is surrounding me – because, in fact, nothing is around me – but through feeling the *body-that-draws*, while is drawing, world.

If I draw on my skin on the palm of my hand or on my neck for example, then the problem is deeper. Who draws knows that while the drawing takes place on a surface we can feel, in the fingers and in the hand that holds a pencil or a pen or a brush, the line; there is a tact that involves the hand that is drawing; we feel the hand seducing the leaf or the wall with points, lines or spots until the world be the world, until the world, anamorphic and labyrinthic, turns into a *form*.

Although even if is not the hand that touches the sheet, we can feel the sheet in the hand. If I draw on my skin then I feel the skin on the hand that is drawing and the skin being drawn: it is one, actually, *interface*, the line is not from the hand nether is from the skin, but, paradoxically, is from both of them.

The function of the pencil is, while I am using it, drop a line. The graphite cylinder that is inside of the dark of my pencil made wood, in molecule, is a diamond (a carbon in its purest state), its function is, through me, my body, feel the glow that flows by the contours of things that make what-I-call world. The graphite inside my pencil, or the cubic centimeters of ink from my pen, can, potentially, build a line with thousands of meters.

From the tip of my pencil or my pen, if pressed against a surface, came out from the *disordered world*, the world seen by me: a world reconstructed by lines saying borders between figures and backgrounds, if the lines are intertwined we get clear and darkness, starting points and ending points finishing a draw, finishing sentences if I used them to write.

I do *This* with my hand.

Points, centimeters, meters, and miles of line. A line sleeping inside my pencil, chaotic, meaningless in the cylinder, and because of the will of my body, through the line, decides to wake the things of the world.

Just one more minute.

I also remember how, as a child, I disembarassed a skein of wool line that my grandmother opened with her arms until being built a sphere, a ball. From the incredibly strange skein of wool, anamorphic and senseless, embarrassed and full of nudes of wool, ran a line.

From the open arms of my grandmother to my right hand that rolled over my left hand a harmony, I remember the time (which took the wool ball). I learned only after the *Metaphysics* and the eleven concentric spheres of Aristotle made of an unchanging *fifth element*, a perfectly transparent substance known as "ether", one immediately beyond the blue, a blue in transcendence, a blue in coma.

I didn't know, at that time, about Eudoxus and Callipus.

Even now for me to draw is this: we are solving the nodes of the skein, catching the end of a line and put it in order (my order) the violent *chaos* of the world. And, perhaps, this is why the drawing interests me more as *process* than as a *product*: I am more interested to run the line than the ball ready, the process than the product. I am more interested in the gesture of the hand, how many times it stop, the speed the line travels from the skein to the ball of wool than the ball or the skein; I am interested, especially about, the time. Every drawer knows that while he is drawing the time seems to stop: a kind of putting parentheses in the world while we see the line turning into a thing, an *epoché*, a kind of *ek-stasis*.

Ready the wool balls my grandmother built sweaters (it was therefore also in power in the disorder of the thread, through the use of line, the temperature); and I, with these lines of colored wool: tied the door handle (of the little room where we had lunch) to



lamp, and from the lamp, with the line stretched, I tied the leg of the table, and from the table leg, I stretched it well, until the nail that hangs a blue watercolor of the Swiss artist Fred Kradolfer (an underwater landscape); and from there, from that steel nail which is still there today, I stretched the line carefully to the shade of the lamp that was on top of a small table next to the couch, and from there to the key (made of yellow metal with cute letters saying OLAIQ) of the closet door where was kept the white porcelain and cobalt, and from there to another point, and from that point to another; point by point I traveled the line of wool, until, after a few hours of creative work, like inside of a web, I stopped amazed, just to see it. Just to see how that room, through my own *intervention* (artistic?), had won other senses. At the time I didn't know, but I built three-dimensional drawings.

After all, the line that comes out from the anonymous cylinder of a graphite pencil or the container that holds the ink inside a pen, is not so different from the line coming out of a ball of wool: in "intentionality", the line is exactly the same, in the will of body and in use, the pencil line and the line of a woolen ball, are the same; the same line that Pseudo-Apollodoro tells us, the line of Ariadne and Theseus in the labyrinth of Daedalus, in the *Library*.

Actually, I just realized what I did with the line that came out of the chaotic skein, labyrinthine, was a drawing (a three-dimensional drawing) a few months ago (April 14th, 2011) in an exercise of drawing with light in a workshop that I coordinated in Drawing Spaces in the Arm Silver Factory in Lisbon and it is called *It's Forbidden Drawing on Paper!* (We are so used to flat surfaces to draw that when we can mark (in) the air with a light source, for example, we almost forget that we don't need to stick to the idea of the plan).

With the line I linked everything to everything like a fractal or a mathematical 'curve stitch' by Mary Everest Boole in the late nineteenth century.

My (artistic) "installation" meant that certain aspects of the room were more popular, more noticeable.

The line that I used, were pointed certain aspects that, probably, would be forever unnoticed by the inhabitants of the space. This is because the eyes follow the line.

In addition to the aesthetic aspects of the installation, seems that the line had almost a signaling function removing from anonymity certain objects or certain characteristics that without it, without the installation of colored threads of wool, nobody, because of habit of using that space, have seen. My installation, my 3D drawing, woke up the space and aroused the objects of our quotidian heritage; giving them another sense: the passage from *anonymous* to *main protagonists*; they could be seen.

Anyway: if we draw on a sheet of paper or on a wall, on the glass or on the skin, drawing is always something-between.

Between what and what?

Between whom and whom?

Between whom and what?

Between what and whom?

From drawing and the draw interests me especially the time, I am interested in the meantime that the draw saves. Almada Negreiros said: "A drawing is our understanding to grab a moment."

It is true.

Time, that great sculptor. Time without the tyranny of Chronos, the time invisible, intangible, sensitive: sensitive, means, because I feel it happening; a Kairos, "the right time," "timely," *καιρός*, "mine".

The time that I care about, is because of that, a drawing, is the time of the happening of the draw and not so much the product of that happening. If the Time born from the relation between *me* and the *things(-in-myself)*, then I can tell you, is because this time is (or exists) inherent to that (or in) my relationship. A draw is the remnant, is what remains from this relationship, and drawing this own relationship. That's why I said that drawing is putting in practice the notion of "intentionality" very well described from the Discipline of Phenomenology and Existentialism.

In this sense - the sense that I can admit the existence of a correlation between *the act of drawing that aims to achieve* (the intentionality) and the *target object* - the object is not only a pretext for the construction of a synthesis of subjective identity through which I can become aware of myself; it - the object if drew it - is, primarily, *a unit of meaning* - "[the object] is not, then, more than a face-to-face (*Gegenstand*), and my consciousness the place where those face-to-face exist; more: to tell the truth, those face-to-faces are the only way I know I have something named as conscious; even more: consciousness is not conscious of herself. She always needs an object.

It is through this relationship that I draw things and, is in this process, in this face-to-face, that, in a certain point of view, things are not for me just an excuse to build a synthesis of my identity, necessarily subjective, through which I can learn about myself.

The things for me, while I am drawing them, are, above all, "possibilities", "timely moments", "right moments" of time, chances to inscribe me in the time (in the present, in fact here being for myself), without which (my) own experience of things would not be possible. If so, if time comes from my relationship with the object and, therefore, in this birth I assist to the constitution of an imminent temporality (where my experiences are inscribed or incorporate), then as a man, I depend entirely from that constitutive possibility of things.

Drawing for me is the happy opportunity to find me with things and with the others; a draw is what stays: paradoxical witness of the relationship between two systems: Me and the World (which has features of both; an *interface*).

"Paradoxical" because me and the World are one and the same thing, especially while drawing.

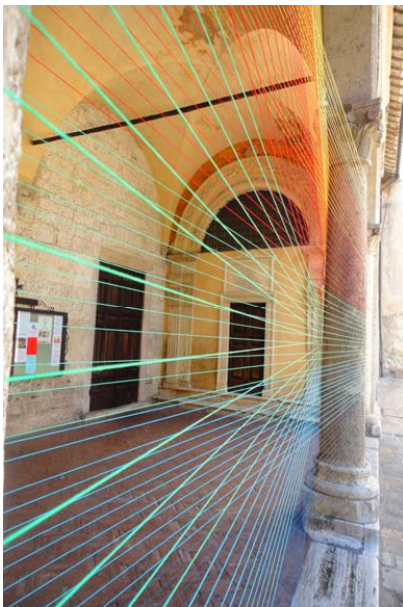


Fig 1. Workshop "Il Tempo e il Divenire" (IX SEMINARIO INTERNAZIONALE DI PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA "RIFLESSIONI PROGETTUALI SUL RECUPERO DEI CENTRI STORICI, NARNI, ITALIA. 2011. P.A.Janeiro (coord.) y I. Covaneiro (Imagen). (Intervention: Pedro António Janeiro (coord.), Jorge Cruz Pinto, Silvia Escamilla Amarillo, Marigrazia Leonardi, Hector Sanchez, Ivo Covaneiro (tutors); José Ferreira Crespo, Margarida Monteiro, Mariana Sempiterno, Mariana Rodrigues, Marta Dias, Inês Félix (FA/UTL estudantes de Arquitectura).

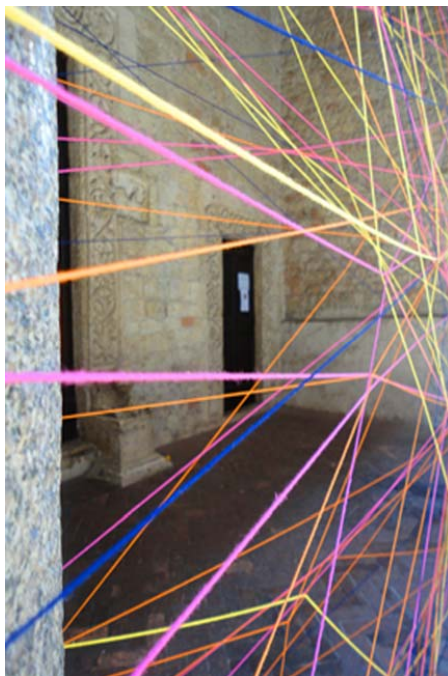


Fig 2. Workshop "Il Tempo e il Divenire" (IX SEMINARIO INTERNAZIONALE DI PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA "RIFLESSIONI PROGETTUALI SUL RECUPERO DEI CENTRI STORICI, NARNI, ITALIA. 2011. P.A.Janeiro (coord.) y I. Covaneiro (Imagen). (Intervention: Pedro António Janeiro (coord.), Jorge Cruz Pinto, Silvia Escamilla Amarillo, Marigrazia Leonardi, Hector Sanchez, Ivo Covaneiro (tutors); José Ferreira Crespo, Margarida Monteiro, Mariana Sempiterno, Mariana Rodrigues, Marta Dias, Inês Félix (FA/UTL estudantes de Arquitectura).



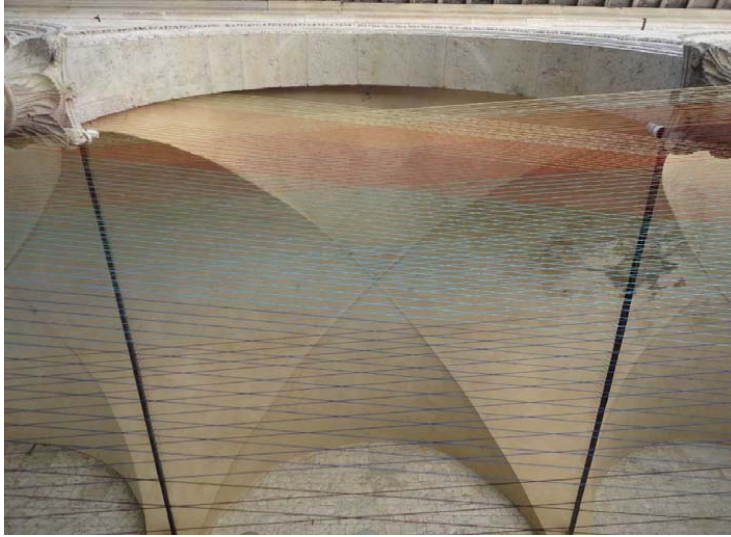


Fig 3. Workshop "*Il Tempo e il Divenire*" (IX SEMINARIO INTERNAZIONALE DI PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA "RIFLESSIONI PROGETTUALI SUL RECUPERO DEI CENTRI STORICI, NARNI, ITÁLIA. 2011. P.A.Janeiro (coord.) y I. Covaneiro (Imagen). (Intervention: Pedro António Janeiro (coord.), Jorge Cruz Pinto, Silvia Escamilla Amarillo, Marigrazia Leonardi, Hector Sanchez, Ivo Covaneiro (tutors): José Ferreira Crespo, Margarida Monteiro, Mariana Sempiterno, Mariana Rodrigues, Marta Dias, Inês Félix (FA/UTL estudantes de Arquitectura).



Fig 4. Workshop "*Il Tempo e il Divenire*" (IX SEMINARIO INTERNAZIONALE DI PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA "RIFLESSIONI PROGETTUALI SUL RECUPERO DEI CENTRI STORICI, NARNI, ITÁLIA. 2011. P.A.Janeiro (coord.) y I. Covaneiro (Imagen). (Intervention: Ivo Covaneiro).



Fig 5. Workshop "Il Tempo e il Divenire" (IX SEMINARIO INTERNAZIONALE DI PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA "RIFLESSIONI PROGETTUALI SUL RECUPERO DEI CENTRI STORICI, NARNI, ITÁLIA. 2011. P.A.Janeiro (coord.) y I. Covaneiro (Imagen). (Intervention: nés Félix).

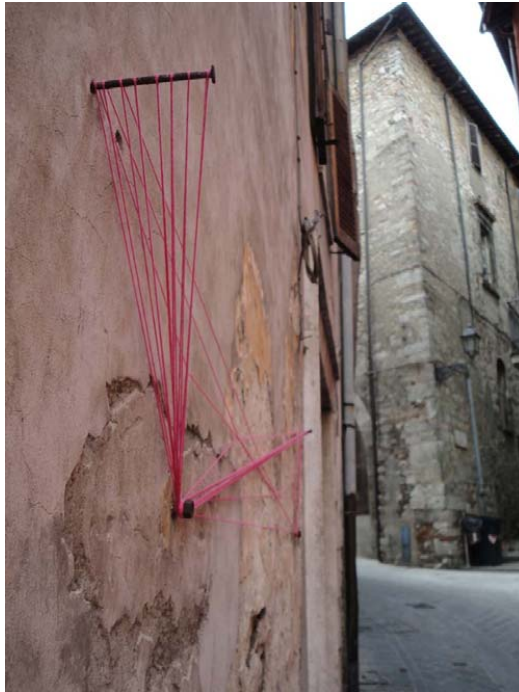


Fig 6. Workshop "Il Tempo e il Divenire" (IX SEMINARIO INTERNAZIONALE DI PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA "RIFLESSIONI PROGETTUALI SUL RECUPERO DEI CENTRI STORICI, NARNI, ITÁLIA. 2011. P.A.Janeiro (coord.) y I. Covaneiro (Imagen). (Intervention: Pedro António Janeiro).





Fig 7. Workshop "*Il Tempo e il Divenire*" (IX SEMINARIO INTERNAZIONALE DI PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA "RIFLESSIONI PROGETTUALI SUL RECUPERO DEI CENTRI STORICI, NARNI, ITALIA. 2011. P.A.Janeiro (coord.) y I. Covaneiro (Imagen). (Intervention: José Ferreira Crespo).

DESDE ARRIBA/ABAJO. DESDE FUERA/DENTRO

Atxu AMANN ALCOCER
Gonzalo PARDO DÍAZ

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid
Depto. Expresión Gráfica Arquitectónica

Resumen

architecture is any construction that deserves to be recorded in a text / picture to preserve their memory.

architectonic involves a logical-ontological system made with all the conceivable concepts that can frame the whole existence.

To Project requires to get placed in an expanded present to play with configurative alternatives through strategies in order to create places that articulate theoretical positions.

To Express means to process using a strategic ability that organize and display information; and each strategy is pure tactics.

To Theorize consists in making a isolated fabric that organize an interior from an undefined exterior .

From Above everyone is a voyeur who reads the objects that once enveloped him, like God.

Down, where the visibility disappears, the world for walkers whose body is led by a text they write without being able to read it.

From Outside, far from contact, watching the nest and drawing the limits.
Inside, in the carnal knowledge that changes the object into matter that surrounds us stripped of ourselves.

To Write /To Draw is to listen with force. The text/drawing is not the form but the way you see the form.

Drawing and projecting are not synonymous notions, nor share significant structures, although projects are generated through tentative drawings (from inside) and documented in architectural graphic settings under representational conventions (since outside)Configurations/Narrations belongs to a psycho-social activity encompassing both the production process as the produced object .

Texto comunicación

proyectar.dibujar. Denominamos proyectar a la acción que individualmente o en grupo realizamos para anticiparnos y esbozar una realidad por venir. Esta acción se lleva a cabo mediante el proceso de arrojar hacia delante, de hacer visible, de dibujar.

Proyectar es un existenciario; no se puede ser sin proyectar...vivir es *estar continuamente proyectando para formar parte del mundo* (1). Estar vivo, es no dejar de dibujar/escribir.

Hay alumnos que han estado muertos durante dieciocho años.

extrañamiento.dibujar. Con la palabra extrañamiento nos referimos a todas aquellas acciones que, de forma voluntaria o involuntaria, nos provocan un sentimiento de descolocación por el que lo habitual se convierte en extraño y se muestra como si fuera visto por primera vez. La clave del extrañamiento es el distanciamiento respecto a la realidad y uno de los mecanismos para producirlo es mediante el dibujar que provoca que logremos ver las cosas en vez de reconocerlas.

Para Julio Cortazar, el extrañamiento tendría que ser una condición natural del ser humano y Juan José Millás reivindica la necesidad de extrañarse constantemente....porque en definitiva es una forma de estar vivo.

Hay alumnos que han estado muertos durante dieciocho años y compañeros...evidentemente zombis.

arquitectónico.arquitectura. Lo arquitectónico de la arquitectura no está en la cáscara construida del edificio, sino en el ámbito interior de dicha carcasa, en el vacío convertido en ambiente en cuanto atmósfera que permite sentir las acciones que soportadas por relaciones se producen en su interior e intuir las que no han tenido lugar y se manifiestan como sueños o deseos... *patentiza lo que engloba o enmarca, hace notificar lo que obstaculiza u oculta...*(2)

Lo arquitectónico está en su posibilidad relacional, en su sentido significativo

arquitectónico.grado cero de la arquitectura. Seguí denomina "grado cero de la arquitectura" en analogía a la denominación de Barthes (*Barthes, "El grado cero de la escritura", Siglo XXI, 1980*), a la arquitectura que busca lo arquitectónico que persigue su autodestrucción como objeto, que busca el fundamento que organiza la



significación de la envolvente. A lo que queda cuando la arquitectura desaparece o está a punto de desaparecer. (3)

Desde hace algún tiempo un grupo de alumnos y docentes de expresión gráfica de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid usamos la figura metafórica del grado cero, en el intento de precisar un ámbito de pensamiento donde albergar nuestra experiencias del dibujar y nuestras reflexiones en el arranque de la pedagogía del proyectar.

arquitectónico.lugar. Cualquier ámbito imaginario o real, pero activo, metafórico y emocional se vuelve lugar al ser reconocido, señalable, envolvente. Precisamente lo arquitectónico del medio consiste en el carácter estructurador que facilita el señalamiento del lugar, como envolvente de la experiencia: este es el fundamento arquitectónico de la docencia; los lugares experienciales, los lugares poéticos de acción; los lugares de participación que son a su vez el fundamento de lo social y lo político; y donde se replantea la idea de aprendizaje como acontecimiento ético.

Dibujamos con ellos, esforzándonos en correr a su ritmo como entrenadores de corredores de fondo porque estamos ya hartos de compartir el espacio del aula con jueces de ejercicios de patinaje artístico que valoran el grado de ejecución de cada dibujo en relación a un modelo de perfección inalterable en el tiempo.

En nuestro dibujar, es la propia acción la que se evalúa a sí misma.

atmosfera.acción.pedagogía. Cuando Muntañola se preguntaba sobre la posibilidad de enseñar arquitectura, defendía que, al margen de las disciplinas profesionalizadoras (que enseñan el oficio de diseñar-proyectar), la arquitectura se aprendía...*haciendo teatro, danza y música, como asistiendo a fiestas y demás rituales colectivos, que son las ocasiones donde se experimenta la dialógica social provocando la imaginación espacial en relación a como los otros, a su vez, viven el espacio, de acuerdo a los usos, las funciones y las costumbres socialmente significativas...* (4)

Entender que la arquitectura reside en la experiencia colectiva de la interacción, en la vivencia dialógica que hace aparecer el espacio arquitectónico como condición y referencia significadora de la participación socializada se traduce en una visión radical y nítida de arquitectura como atmósfera de la convivencia y el contexto movilizador de la imaginación que fundamenta una pedagogía básica basada en el abandono de la formalidad externa (superficial) de los objetos construidos, y una dedicación a las atmósferas ambientales que se producen al experimentar el espacio como acontecimiento y desvelar las relaciones de la interacción y las relaciones rituales de la interacción. Una pedagogía que busca convertir el ámbito del aula en envolturas constitutivas de distintas significaciones.

Formamos profesionales especializados en procesos creativos. Utilizamos el proyectar y el dibujar, como aquello a lo que Ranciere se refiere en sus escritos respecto al emancipador educativo Joseph Jacotot. Le introducimos en una cultura del proyecto y del dibujo en la que nuestra labor no es enseñar, ni siquiera corregir, porque como leemos en Zhuangzi, *el conocimiento no se transmite, sino que se experimenta.*

El dibujar-proyectar arquitectónico tantea y determina límites, condiciones de borde, de una amplitud ambientada donde la actividad relacional social ha de poder ser significada con intensidad. Es un proceso de delimitación que, a diferencia de otras artes que objetualizan el contenido, lo deja ausente. Precisamente, lo arquitectónico en cualquier arte, es lo ocultado en su formalización, aunque a veces dibujamos la música o un poema para estimular la producción en las primeras etapas.

El dibujar es entendido como modalidad autónoma y como mediación para experimentar y proyectar arquitectura. Si los arquitectos/as son seres como los demás, naturalmente organizadores de los ámbitos donde vivimos, su formación solo puede estar en su capacidad para dibujar y configurar la organización del medio humano.

Dibujar para ser arquitecto en una sociedad por venir (5)

El dibujo como materia formativa y profesional se concreta en dibujar. La educación gráfica del dibujar es análoga a la del proyectar: en ésta el principio básico es aprende-a-proyectar-proyectando y en aquella se aprende dibujando.

pensar.dibujar El dibujar como interface entre el espacio operativo mental y el espacio real. *Si los objetos arquitectónicos se entienden generalmente como objetos percibidos, por otra parte para ser percibidos deben ser concebidos (6)*

La escala es el instrumento operativo que hace posible la relación entre los dos espacios, al asignar significado a un mundo miniaturizado del espacio mental que se hace visible en el mundo real. Cuando Miralles reflexiona sobre el dibujar como anotación del pensamiento y la construcción en arquitectura, establece una

complicidad secreta entre la mirada y el gesto, entre la percepción y la acción que se dirige al hallazgo y al conocimiento y no a una descripción, representación o formalización.

desde fuera.desde dentro. El espacio arquitectónico, esa inmensidad íntima que citaba Bachelard, se puede definir como el espacio interno vivido (Zevi, Focillon) que se hace matérico al ser vaciado y excavado o como una proyección exterior de un estructura del pensamiento (Panofsky). *Desde fuera y desde dentro ¿son solamente dos posiciones diferentes de percepción? (7)*

La polaridad entre ambas posiciones es radical y se traduce en dos tácticas diferentes en la pedagogía vinculada al dibujar-proyectar. Una forma de entender la arquitectura como pura cáscara con interiores circunstanciales y otra en la que no hay ni relación con el exterior porque nos situamos dentro, en pleno rodaje de una de las muchas tomas de una película que nunca vimos empezar y tampoco acabaremos de ver.

Dos modos de entender el trabajo "conceptivo arquitectónico" que se corresponden con dos modos de producir y evidentemente con dos modos de plantear la pedagogía para el aprendizaje del dibujar y el proyectar arquitectura que a través de los resultados – dibujos - traducen el posicionamiento de los autores .

Son dos modos complementarios de visión, pero indispensables y probablemente indivisibles. (8)

todo y partes. El de siempre, el corriente, el fácil, el que parece natural, como dioses que ven todo desde la distancia, sin implicarse en la proximidad envolvente, desde fuera. Va desde las partes al todo; desde lo circunstancial; percibiendo o proponiendo unidades que posteriormente se agrupan y se acomodan hasta colmar un conjunto, con o sin unidad. Donde cualquier cosa se puede yuxtaponer a cualquier otra en la elaboración de un permanente cadáver exquisito aleatorio cuya apariencia se concentra en el propio espectáculo de la presencia. Como seres divinos renuncian a la anticipación de un sentido global porque no buscan una narración que establezca relaciones con el Mundo ya que se está fuera del mundo y es una operación autorreferencial, acrílica y tecnocrática.

El otro modo, el raro, el difícil e inconveniente, del que hemos venido a hablar, es el que va del todo a las partes. Todos estamos juntos como iguales descomponiendo, vaciando espaciando, borrando: desde dentro. En este caso, el cirujano y el paciente coinciden en el espacio de la colectividad. la ubicación del autor-actor y su proceder dependen de la capacidad de cada uno para fabricar una totalidad llena, formada por materia indefinida susceptible de ser descompuesta ante distintas circunstancias en diversas capas de significado.

En esta situación es donde el dibujar y el proyectar se encuentran en un camino con sentidos opuestos en el tiempo, pero pertenecientes al mismo recorrido. Y a veces, es difícil distinguirlos.

En el primer año se practica este enfoque justo en el inicio del aprendizaje en el dibujar y el proyectar arquitectura, siendo conscientes de asistir a una experiencia que necesitará tiempo de maduración y que en algunos casos, ni una vida bastará. I acceder a una forma de conocimiento de la realidad organizada mediante capas de significación que no permiten evadirse de la complejidad es un asunto cuanto menos arriesgado. Es dar a un niño de apenas dos años un cuchillo para que pele la manzana, no dudando ni un segundo en su capacidad. Porque lo de menos, es su habilidad. Lo importante es el hecho significativo de compartir experiencias que significan procesos completos escoger una pera, pelarla, partirla y comerla.

Acostumbrados a operaciones fragmentarias, a la presentación de trozos de la realidad como si fuéramos imbeciles, hemos logrado convertirnos en seres incapaces de enfrentarnos y resolver situaciones concierto grado de complejidad.

Dibujar es hacerse cargo de la situación. Coger la pera, pelarla, partirla y comérsela.

desde aquí.desde allí. Las espumas de Sloterdijk representan quizás esta dimensión multifocal del espacio contemporáneo interrelacional en el que nos encontramos; Son la confirmación de una estructura inestable de relaciones frágiles donde todo es centro, porque no hay centro; porque no hay ninguna visión panóptica. Porque no es que Dios esté en todas partes, es que todos somos Dios.

Habitar un sistema de burbujas , como un sistema de aislamientos conectados es situarse en la metáfora de la sociedad, siempre desde fuera, en un tejido amorfo de microrelatos particulares. O es estar dentro, fluyendo. (9)

Porque en el aula no hay porqué preocuparse si una vista es la mejor vista posible. Ni por donde esta el profesor. Ni si hace frío o calor fuera.

En un espacio enterrado lleno de cajas de cartón que apiladas forman una estructura que obstaculiza las visiones que por otra parte no podrían ser vistas con la luz apagada tal y como nos encontramos, sentimos la envolvencia formada por

los



cuerpos que actúan de una u otra forma, en una u otra acción: o proyectando, o dibujando. O danzando.

Y lo hacemos como podemos. Moviéndonos de un lado para otro, cambiando la mirada y tejiendo conversaciones con los demás, que a veces son profesores.

acabado.interruptido. Dibujar con la técnica del collage permite introducir el espacio-tiempo en el aula. Basado explícitamente en la experiencia de David Hockney cuando en los 80 con su cámara fotográfica investigaba la continuidad del tiempo, la fragmentación de la forma y la multivisión. Él, después Enric Miralles – y otros – y ahora nosotros, abandonamos la concepción absolutista de la forma acabada que parte de la cristalización de la visión de un espectador fijo desde un punto de vista determinado y tomamos partido por los acontecimientos, por la continuidad, por el desarrollo de una narración. *Para presentar lo ilimitado, se necesita ... la arquitectura; es decir un arte de interrupciones...El sentido narrativo de las cosas a mí me interesa muchísimo... (10)*

El collage es un documento que fija un pensamiento en un lugar, pero lo fija de manera vaga, deformada y deformable; fija una realidad para poder trabajar con ella. (11)

dibujar.superponer. Eliminar la visión única del encuadre óptimo produce la aparición de la superposición y la discontinuidad, como mecanismos que te libran del drama del acierto y transformar el dibujar en un fluir con un lenguaje vivo, alegre y liviano que produce dibujos leves, etéreos y expansivos ausentes de los tics vacíos y academicistas del considerado buen dibujante.

Los ectoplasmas conectados recogen la herencia cubista, al formar un collage de cosas que son capaces de conservar su propia entidad pero en relación con otras dentro de un espacio-tiempo. Son dibujos de mancha o de línea, que no separan espacios o usos sino que marcan zonas, tenuemente diferenciadas. Si son manchas, se ubican fuera del drama, en espectro pequeños de grises: Si son líneas, son de un grosor infinitesimal superpuestas, energéticas. Seguramente por esa continuidad indestructible entre dibujo y construcción podemos asimilarlos a libros de instrucciones para la consecución de una obra e estas pueden interpretadas como dibujos por venir miradas en sentido inverso.

desde cerca.desde lejos. Cada forma dibujada de manera precisa es siempre una disección. El dibujar de esta manera diferencia y selecciona. La línea tradicional del contorno es una incisión que separa cada objeto de su fondo. Por tanto, toda línea es escarpelo y bisturí. A un lado de la línea queda lo construido, al otro, el exterior inabarcable.

La fortaleza de esa línea de contorno supone un abismo entre la representación de la arquitectura y sus afueras. Luego, una vez dentro de ese contorno, dentro del cuerpo construido, cada trazo se vuelve un simple ejercicio de anatomía. Cada línea se desdobra y notamos como pertenece duplicada a los bordes de cada órgano. La línea de un muro pertenece al muro, pero también es el borde de esa sustancia gelatinosa e invisible que llamamos espacio.

Afortunadamente la realidad no se comporta de ese modo bipolar y esquizoide, y lo construido demuele las fronteras artificiales que vemos en el dibujo. Entonces el interior y el exterior se confunden y rompen las dualidades clásicas de un mundo tan injusto como indigno.

Muy distinta es la línea de quién se aleja más, tanto en el espacio como en el tiempo para concebir un mapa que solamente pudo ser generado desde la misma cercanía del contacto, de lo vivido y experimentado, ahora narrado.

El trazado de fronteras y límites, el dibujo de lo encontrado como recipiente de la memoria, el esbozo de contornos, bordes, accidentes y orografías como imagen perdurable, son los principales motivos del nacimiento del mapa como escala, formato y herramienta de transmisión de información y conocimiento. Cada mapa encierra secretamente cuanto menos una biografía, porque en la selección de los datos queda impreso el modo de ver del cartógrafo. Recuerdo ese Imperio narrado por Borges donde el arte de la cartografía llegó a tal búsqueda de perfección, que para trazar el mapa de un territorio, era necesario uno a escala 1:1. Las ruinas despedazadas de semejante inutilidad perduraban durante años en el desierto.

Todos estamos de acuerdo en la locura de dicha circunstancia, más sin embargo hay todavía un grupo de docentes academicistas que en las escuelas de Arquitectura claman por la vuelta al dibujo con grafito y difumino del discóbolo, a imagen y semejanza de la estatua en escayola de los depósitos del sótano. Hoy, que la mirada aérea ha convertido la tierra en imagen abatida, donde todo es localizable con dos herméticas coordenadas, donde todo es visible desde incansables satélites, donde la cámara de fotos, Internet y el gps están instalados en todos los móviles de los alumnos.

Ahora, el éxito de dibujar el mapa como instrumento de conquista depende de las lecturas que cada uno pueda extraer de él. De cada una de las capas de significado que pueda dotar a un espesor sin límites de una superficie inabordable.

dibujar.escribir. Frente a la universalidad activa del habla, en el territorio visual predominan los consumidores pasivos. El gran desarrollo de la tan citada cultura de la imagen coexiste, paradójicamente, con la escasez de hablantes, capaces de leer imágenes pero incapaces de producir una escritura o redacción gráfica. Esto supone un analfabetismo activo y, paralelamente, la condición de los dibujantes como nuevos escritores gráficos especializados.

De alguna forma, dibujar y escribir son la misma acción: espacios-tiempo de actividad en los que alguien deja huellas. Poco le afecta a la pura acción si este movimiento se realiza en un monitor, sobre un papel de croquis, la piel de la espalda o la arena de la playa. Tampoco importa si es para comunicar algo, para liberarse de un pensamiento o un simple acto mecánico. Y por supuesto menos importante es todavía si algo se parece a algo o no: son líneas, manchas, trazos que dejan huella en el vacío, o la huella de los vacíos extraídos del Todo. Dibujar, escribir, danzar...cada uno se mueve como puede; y sin embargo, se mueve.

El alfabeto es una silueta (12)

"un dibujo supone siempre selección, realce de elementos significativos y exclusión de los que no lo son. Un dibujo supone un acto mental complicado y dirigido a algo; a un objeto en sí. Ante algo que parece lo mismo, un ojo resalta un elemento; otro, otro. Para un ojo la sombra y la penumbra son lo esencial porque quiere dar sensación de misterio. Para otro, lo esencial es la línea constructiva de la casa, aunque esté envuelta en sombras. Para otro, algunos detalles. Hay tantas realidades como ojos. La ciencia no es más que la multiplicación de estas realidades; y el arte lo fue antes que ella" Caro Baroja (1979)

dibujo.cuerpo. Tal vez sea lo único que finalmente tengamos. Un cuerpo como superficie habitable...un lugar donde vivir. (13). El cuerpo es un lugar sin límites. Es la medida de todas las cosas y todas las envolventes que fabricamos se desarrollan a partir de él y sus necesidades. Fragmentos de cuerpo que en cada jirón llevan una historia.

Cuerpos que están permanente cambiando, obstaculizando el vacío al perforar el lleno. Cuerpos de los propios alumnos que posan danzando y de los que solamente podemos dibujar impresiones superpuestas sobre papel de croquis que como fotogramas proyectan una secuencia de unos objetos que están continuamente muriendo, en un proceso de alteridad tan lento que nos somos conscientes ni de vivirlo (el cuerpo de regenera completamente cada siete años)

vacío.lleno. Otra experiencia pedagógica planteada como modo de alcanzar un posicionamiento totalizador consistió en el ejercicio de imaginar una masa indefinida llena en el que producimos vaciamientos con sentido espaciador. Es extraño pero facilita la eliminación del objeto visto desde fuera, al eliminar precisamente el fuera. Es una experiencia similar a las realizadas por el escultor Pablo Palazuelo cuando consideraba la superficie donde empezar a dibujar, como el espacio lleno donde todos los dibujos se encuentran superpuestos y la labor del que dibuja trata simplemente de ir vaciando ciertas partes ya marcadas anteriormente.

En clase, la utilización de diversas modalidades de vaciado en el afán de dibujar la atmósfera que nos envuelve produce resultados inesperados y sorprendente ,abiertos a la narración y estimulantes para la manipulación. Dibujar y escribir valorando los espacios en blanco de Mallarmé,los silencios de Debussy o de Boulez, nos libera de las reglas de la perspectiva.

Cuando dibujamos en el aula en un ambiente de casi oscuridad, neutralizamos nuestra ejecución guiados por la extrañeza, y los procesos exploran entonces el propio dibujar a partir de la experiencia del ambiente como atmósfera que nos envuelve.

dibujar.sección. Y cada vez que la envolvencia se fija en nuestro papel, aparece la sección de la masa. Como decía Navarro Baldeweg, un objeto es una sección. Pensar en un objeto como sección en la masa indiferenciada de estratos materiales hace difícil una distinción convencional entre el contexto y su propia e inherente estructura, hace difícil asociar formas a límites y refuerza, a su vez, la noción de diversidad constitutiva. (14)

Las decisiones en el proyectar /dibujar responden a la necesidad de hallar un equilibrio entre la vitalidad de las figuras que obedecen a sus propias leyes ,que surgen y existen separadas, y aquello que por fuerza ha de orientarse a un fin común , a una



configuración unificada. Una suma de equilibrios, resultante tanto de lo fortuito como de lo necesario con una cierta apariencia estable y forzará a hacer suyo lo que se encuentra a su alrededor.

La sección es el corte sincrónico. La disección de lo situacional, la consideración paralizada de una dinamicidad, la "preparación" (trascrición) de cualquier cosa como campo de fuerzas estabilizado. Éxtasis, ex-tasis, es-tasis. Quietud contextualizada. (15)

La sección arquitectónica contiene la épica y la tragedia de lo arquitectónico; es lo arquitectónico poético, anunciador, congelado en un verso habitable sin tercera dimensión.

La sección ha expulsado a la planta de su posición privilegiada. La sección nos permite congelar momentos de nuestra vida de todos como iguales y verificar el equilibrio inestable de la misma. La sección nos obliga a no sentirnos satisfechos nunca ante la imposibilidad de realizar todas las secciones necesarias para contar la narración. Nuestro dibujar aspira a ser un scanner de infinitas capas de significado donde , de nuevo, lo importante esta en la selección.

dibujar.planta. También una planta es una sección, pero una sección de un ámbito de movimientos. Una sección-planta siempre esta en equilibrio. Una ciudad en sección es como un observatorio de quietudes, con lo que jugar a la sección-ciudad es fantasear con las diversas quietudes posibles y por eso casi todos los urbanistas son tan innecesarios y desatinados como Dios, por su distanciamiento.

Ynzenga, señala – según apunta Seguí – que el dibujo en planta y sección para concebir y presentar la arquitectura es un invento moderno (a partir de la Carta de Raphael Sanzio y Baltazar de Castiglione al Papa León X, en 1515), que se reforzó con la sistematización descriptiva de Gaspar Monge y concitó el entusiasmo de los arquitectos contemporáneos. Pero constata que está a punto de desaparecer debido a la proliferación de programas tridimensionales de ordenador que convierten en una pérdida de tiempo el dibujo de plantas y secciones. El ordenador ha alterado el dibujar y el proyectar del mismo modo que la televisión alteró el habitar, y todo el mundo evita reconocerlo.

Los avances en los medios técnicos para la representación gráfica, inadecuadamente integrados en las escuelas de arquitectura, no tendrían sentido si tan solo fueran aplicados como simple herramienta técnica.

844

Asimilar la acción comunicativa del dibujar , evidentemente dominada por los renders en la actualidad, con la acción vinculada al proyectar significa confundir una actividad reflexivo-tentativa relacionada con el pensamiento arquitectónico, con la formalización tridimensional de objetos contenedores indiferentes a cualquier contenido comportamental y sin ninguna implicación cognitiva ni conceptual.

Si así fuera, la vida siempre se podría incorporar a un vacío escénico, a un interior amorfo dispuesto a recibir cualquier vida diseñada por cada usuario y distintos diseños específicos acordes a las distintas funciones que se quieran incorporar a condición de caber en el envoltorio. Este sistema productivo, generalizado en toda la industria de consumo, implica la existencia de los objetos como partes de "cadáveres exquisitos" adquiribles en supermercados. *Es preferible insinuar, y dejar que el espectador participe y complete lo insinuado, a sobreactuar (16)*

Si se acepta esta mutación del posicionamiento proyectivo, no tiene sentido negarse a los cambios en el dibujar. Solamente la ignorancia de los docentes puede explicar la insistencia por la permanencia de modelos de racionalidad instrumental que condujeron tanto a los monumentos siniestros totalitaristas del siglo pasado,

vida.maquina. Como enseñaba Claude Lévi-Strauss, técnica y cultura son las dos dimensiones irreductibles de toda sociedad humana. Gracias a la primera, centrada en la fabricación de instrumentos, los hombres ganan penosa y paulatinamente terreno a la naturaleza, transformando un medio hostil en utilidad y adaptándose a él para poder habitarlo y sobrevivir a su inhospitalidad; gracias a la segunda, cuyo núcleo es el lenguaje, erigen un mundo propio, un orden simbólico de significaciones en el que emergen esas "inutilidades" específicas que son los ritos funerarios, la moral o las obras de arte. *Y seguramente forma también parte de esta enseñanza el hecho de que no estamos en condiciones de elegir una de esas dos dimensiones en detrimento de la otra. (17)*

Si la técnica se vuelve hegemónica y se independiza definitivamente de la esfera de los asuntos humanos , se podrá poner en marcha un proceso destructivo que nos esclavizará y mecanizará , convirtiéndonos en simples engranajes de una racionalidad "superior", autodefinida por las necesidades inmanentes de un sistema cambiante, del que ya tuvimos conocimiento a través de la construcción de pirámides y zigurats en los imperios despóticos arcaicos hasta los *Tiempos modernos* de Chaplin, tal y como cita el filósofo Jose Luis Pardo.

dibujar.diagrama: Y entonces el diagrama irrumpe en la escena , como la gran máquina analógica. Diagrama es una palabra central en los últimos diez años en el mundo del diseño en general y de la arquitectura en

particular, que según Somol, se ha transformado en materia de la arquitectura contra la representación. Los diagramas no son representaciones del mundo, sino mecanismos transgresivos que organizan la complejidad.

Cuando los alumnos generan diagramas, no van en la dirección de un mundo persistente, producen – como dice Deleuze – un nuevo modo de realidad. Los diagramas pueden ser entendidos como ambientes, como atmósferas de situación; como lugares exteriorizados donde cabe lo diacrónico y lo sincrónico, lo semiótico y lo semántico.

En el diagrama se proyecta sin escalas, sin forma, sin peso, sin planta, sin detalle...sin gesto. Un diagrama es un dibujo de las presencias de las relaciones entre las distintas partes de un sistema...(18)

Diagramar es dibujar y escribir un hipertexto, que evidencia su propia formación organizando significados diversos. El diagrama de arquitectura como el tablero místico de Escritura, puede concebirse como una serie de capas que se están regenerando constantemente...(19)

La planta agoniza. La sección se resiente. Los renders protagonizan las telenovelas. Los fotomontajes los practican los veteranos de guerra. El diagrama se mantiene y se confirma. La perspectiva ¿qué es eso?: render or 4D model?

Referencias bibliográficas

(7) Bachelard, Gaston, *La poética del espacio*, Fondo de cultura económica de argentina, Buenos Aires. 2000

(6) Boudon, Philippe, *Sur l'espace architectural*, Essai dépistémologie de l'architecture. Editions Parentheses, Paris 2003.

(19) Eisenman, Peter, *Diagram Diaries*, 1999.

(1) Heidegger, Martin, *El ser y el tiempo*, Mexico, Fondo de cultura económica.

(2) Heidegger, *Génesis de la obra de arte*, Arte y Poesía, FCE 1980

(10) Miralles, Enric, *El Croquis*, nº 100/101

(11) Miralles, Enric, *Obras y proyectos*, Electa, Milán

(12) Miralles, Enric, *Autobiografías Cicle d'Exposicions: "Enric Miralles y Oscar Tusquets"*

(16) Monedero ,Javier, *Nuevas Tecnologías y experiencias docentes* XII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica, Instituto Juan de Herrera de la Escuela de Arquitectura de Madrid

(4) Muntañola, ¿Se puede enseñar arquitectura?, ensayo- discurso de ingreso en la Real Academia de Bellas Artes de San Jordi

(14) Navarro Baldeweg, Juan, *La habitación vacante*, Pre-textos, Madrid

(13) Olivares, Rosa, *El cuerpo como objeto*, Revista EXIT, 2011

(17) Pardo, Jose Luis, *La vida y la Maquina*, El País; 18 de junio de 2011.

(3,15) Seguí de la Riva , Javier, *El grado cero de la arquitectura*, Cuadernos del Instituto Juan de Herrera de la Escuela de Arquitectura de Madrid

(5) Seguí de la Riva ,Javier, *Teorías y conceptos*, XII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica, Instituto Juan de Herrera de la Escuela de Arquitectura de Madrid

(8) Seguí de la Riva , Javier, *El grado cero de la arquitectura*, Cuadernos del Instituto Juan de Herrera de la Escuela de Arquitectura de Madrid

(9) Sloterdijk, Peter, *Esfemas III*, Bibliotecas de ensayo Siruela, Madrid 2006.

(18) Soriano, Federico, *Diagramas*, Fisuras 4 y 5, Exjertos, Madrid



LA DOCENCIA DEL DIBUJO EN EL PRIMER CURSO DE IMPLANTACIÓN DEL CRÉDITO EUROPEO DE LA ENSEÑANZA DE ARQUITECTURA EN LA E.T.S. DE ARQUITECTURA DE SEVILLA: SU APLICACIÓN PARA LA ADQUISICIÓN DE COMPETENCIAS BÁSICAS Y LA DIVERSIDAD DE PROYECTOS DOCENTES.

Federico ARÉVALO RODRÍGUEZ,
Rosa BENÍTEZ BODES
Pilar GIMENA CÓRDOBA

Universidad de Sevilla
Dpto. Expresión Gráfica Arquitectónica

ABSTRACT

The new European Space of High Education has led to significant changes in teaching graphic subjects applied to architecture, both in reducing the number of contact hours, as the need to provide a clear theory to avoid excessive work of the student, adjusting time proportionally to their homework. In the School of Architecture of Sevilla, the three graphic subjects taught in the 1998 Plan have been reduced to four quarterly subjects in the 2010 Plan, so the contents are divided into four common programs that have sufficient breadth to let many aspects opened to each teaching project. As there are several aspects repeated, at least, in the two subjects of the first year, some of them are treated in either semester on individual teaching project, so there are significant mismatches. This research analyzes this situation and proposes possible actions in order to improve them.

PLANTEAMIENTO INICIAL Y METODOLOGÍA APLICADA.

La implantación del Crédito Europeo en la enseñanza de arquitectura supone importantes novedades en la docencia, que afectan fundamentalmente al tiempo disponible para el aprendizaje, no sólo en el número de horas semanales, sino también en la administración de dicho aprendizaje en asignaturas cuatrimestrales. El carácter inicial del curso objeto de estudio y la propia particularidad del Crédito Europeo hace necesario considerar los posibles desajustes que se generan como producto de su novedad.

Para comprender la situación generada a partir de la implantación del Plan de Estudios 2010 en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla, se ha realizado una exploración inicial basada en el análisis de datos extraídos de las opiniones de los alumnos y de informes aportados por docentes de la asignatura *Dibujo 1. Geometría y Percepción*, y *Dibujo 2. Expresión y Comunicación*, pertenecientes al primer curso del Grado en Arquitectura de la Universidad de Sevilla. Dicha información se ha contrastado con la opinión de otros compañeros con el fin de poder disponer de todos los posibles puntos de vista.

En esta exploración inicial ha sido fundamental la utilización del *Plan de Mejora* que se redactó en el curso 2010-11, disponible en el *Informe Anual* asociado al *Sistema de Garantía de la Calidad del Título* (Aa.Vv. 2011), y que fue redactado por tres profesores: Francisco Pinto (Coordinador de Dibujo 1), Federico Arévalo (Coordinador de Dibujo 2) y Antonio Delgado (representante de otra asignatura del centro en la Comisión de Calidad). También se parte de los documentos denominados como *Programa común* de ambas asignaturas, pues gran parte de la problemática suscitada dimana de la ambigua lectura que pueden tener los epígrafes que componen dichos programas.

Para poder realizar este estudio de manera objetiva y sobre todo conseguir unos resultados constructivos, se ha adoptado una postura de neutralidad ante los distintos planteamientos que se han recogido en las opiniones anteriormente mencionadas. Del mismo modo, estas afirmaciones se han valorado en su justa medida, en función del rol que juega dentro del proceso de enseñanza/aprendizaje, es decir, en función del conocimiento y experiencia de cada uno de los participantes tanto a nivel individual como colectivo.

OBJETIVO DE ESTA INVESTIGACIÓN.

Se marca como objetivo principal aportar elementos que hagan posible una futura "acción" como podría ser la revisión del diseño de los programas comunes de las asignaturas de Dibujo en primer curso de la carrera de arquitectura, así como una propuesta de una coordinación más eficaz de los proyectos docentes elaborados por el profesorado del Departamento. Un objetivo secundario podría consistir en una adecuada coordinación con las restantes asignaturas que el alumno cursa en el mismo año (concepto básico que se propone en el Plan de Estudios 2010 y que ya desde sus comienzos empieza a presentar dificultades).

LA IMPLANTACIÓN DEL NUEVO PLAN 2010: DETECCIÓN DE DEBILIDADES Y PROPUESTA DE ACCIONES DE MEJORA.

El nuevo Plan de Estudios en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla ha supuesto la sustitución de tres asignaturas anuales (*Geometría Descriptiva*, *Dibujo Asistido* y *Análisis Gráfico Arquitectónico*), que sumaban un total de 15 horas semanales, por dos asignaturas cuatrimestrales (*Dibujo 1* y *Dibujo 2*), con tan sólo cuatro

horas presenciales a la semana e impartidas en un único día. Esta reducción tan drástica se ve mejorada en el conjunto general de la carrera, pues en segundo se imparte *Dibujo 3* y en cuarto se hace lo propio con *Dibujo 4*, ambas también cuatrimestrales. Por tanto, cuando el alumno haya cursado los tres primeros cursos de la carrera, puede estar en un nivel de conocimiento similar al del Plan de Estudios anterior. Sin embargo, el problema es evidente en primer curso, pues con tan poco tiempo resulta muy complicada la adecuada maduración del alumno, que sin embargo demanda una gran cantidad de conocimientos para hacer frente a otras asignaturas gráficas como *Proyectos y Construcción*.

Cuatro son las debilidades fundamentales detectadas que, si bien se han presentado como grandes potenciales del nuevo Plan, también es cierto que, tras su puesta en marcha, se ha generado una serie de desajustes que es necesario revisar y para los que el presente trabajo, basado en la documentación consultada, aporta propuestas bajo la nomenclatura de posibles acciones de mejora.

1. El rendimiento del trabajo del alumno respecto a los créditos de la asignatura.

El nuevo Plan de Estudios supone la implantación del Crédito Europeo, que como se ha dicho, implica unas escasas horas presenciales con su correspondiente número de horas personales de trabajo en casa, así como de otras actividades (exposiciones, tutorías...). La gran crítica del alumnado en estas asignaturas y en otras consiste en que la teórica proporción entre horas presenciales y horas de trabajo en casa no es real, pues necesitan una gran cantidad de tiempo para resolver los trabajos que se les proponen.

Se detecta igualmente un comentario generalizado por parte del profesorado y de los alumnos en general, consistente en una desproporción notable de carga de trabajo no presencial en determinadas semanas del curso, no sólo con respecto a las asignaturas de *Dibujo 1* y *Dibujo 2*, sino también en las demás asignaturas en su conjunto. Es significativo cómo el mayor volumen de trabajo se concentra en las semanas próximas a los diversos períodos vacacionales y, sobre todo, al final de cada cuatrimestre. Este hecho que parece comprensible desde el punto de vista de evolución de la complejidad y dificultad de contenidos y exigencias, que son acumulativos y relativamente sencillos de abarcar en cuanto a trabajo presencial, no lo es para el trabajo no presencial. Por ejemplo, un contenido de 1 h teórica a principio de curso puede requerir una dedicación práctica de 3 h no presenciales, mientras que 1 h teórica al final del cuatrimestre requiere de 8 ó 10. Si esta situación se hace extensible a las cinco asignaturas de cada cuatrimestre, el volumen de trabajo aumenta considerablemente. Por tanto, este problema afecta no solo a las dos asignaturas de *Dibujo*, sino que se generaliza al resto de las asignaturas de primer curso.

Las causas probables de la excesiva carga de trabajo en horas no presenciales pueden ser las siguientes:

- Carencias o deficiencias en la planificación y/o control en los proyectos sobre la duración de las actividades no presenciales.
- Falta de coordinación entre asignaturas.
- En algunos casos, la percepción equivocada del alumno respecto al volumen de trabajo desarrollado, debido a un desconocimiento del Crédito Europeo y la ocupación que supone: En la Universidad de Sevilla un crédito europeo supone 25 horas de trabajo del estudiante (art. 7 del Reglamento de Actividades Docentes (Aa.Vv. 2009)). En el plan 2010 del grado de Arquitectura las asignaturas son de 6 créditos, que hacen un total de 150 horas de trabajo del estudiante: 60 presenciales y 90 no presenciales.
- Escasa explicación teórica aportada por el profesor con prácticas o ejercicios que quedan difusos en sus objetivos y en la manera de afrontarlos. Esta situación se da fundamentalmente en la asignatura de *Proyectos* y afecta al resto de asignaturas pues la superación del ejercicio práctico consume gran parte de las horas presenciales.

La acción de mejora fundamental a aplicar consistiría en:

- Adaptar el tiempo de trabajo del alumno a los créditos de la asignatura. Esta acción se puede llevar a cabo mediante dos posibles mecanismos de realización complementarios:
 - Planificación y control del equipo de profesores de cada grupo sobre la duración de las actividades presenciales y no presenciales con un cronograma semanal presentado junto con el proyecto docente. Las segundas no deben superar las 90 horas por asignatura anteriormente especificadas, bien repartidas en 6 horas semanales o coordinadas con las de las restantes asignaturas. Para ello se requerirá de una encuesta semanal a los alumnos que mida la duración de las actividades no presenciales del curso. De esta forma también se puede ir controlando el rendimiento y adaptándose en tiempo real a las características de cada grupo. Este mecanismo ya ha sido empleado en experiencias previas (anterior plan de 1998), con resultados muy positivos de cara a la valoración de la eficacia de la planificación previa y control mediante encuestas sobre la carga de trabajo no presencial en asignaturas del área de Expresión



Gráfica Arquitectónica (De Manuel, 2006).

- Coordinación entre los profesores de todas las asignaturas del grupo, para conseguir un reparto uniforme semanal del total de las horas para las actividades no presenciales, evitando semanas con picos o valles en la carga de trabajo total.
- Preparación de clases teóricas suficientemente explícitas en sus contenidos, con una aplicación directa en los ejercicios prácticos de la asignatura, en los que queden claro los objetivos que se persiguen.

2. Adaptación de los proyectos docentes de cada grupo al programa común de la asignatura.

El Reglamento de Actividades Docentes (Aa.Vv. 2009) en sus artículos 11 y 12 recoge la definición y el contenido de lo que se entiende por proyecto docente:

Los proyectos docentes son las propuestas concretas de cómo se llevará a cabo, en cada curso académico, el programa de una asignatura en cada uno de sus grupos de impartición por parte del profesorado asignado. (Art. 11.4 del Reglamento de Actividades Docentes).

El programa de la asignatura deberá incluir los siguientes datos: [...]

- d) Objetivos docentes específicos de la asignatura en cuanto a la adquisición de competencias, conocimientos, destrezas y capacidades.
- e) Relación sucinta de los contenidos de la asignatura, especificando, en su caso, los bloques temáticos en los que se divide.
- f) Actividades formativas, su metodología de enseñanza y aprendizaje y su relación con los objetivos docentes específicos.
- g) Los diversos sistemas y criterios de evaluación y calificación de las competencias, conocimientos y capacidades adquiridas por el estudiante [...]. (Art. 12 del Reglamento de Actividades Docentes)

Según la base legal indicada, los proyectos docentes de cada profesor permiten una adaptación personal al programa común de la asignatura, de tal manera que cada docente puede proponer una determinada forma de conseguir los objetivos, sin menoscabo de los distintos epígrafes que se incluyen en el marco común. Sin embargo, el análisis realizado muestra diferencias significativas en cuanto a los objetivos de aprendizaje, contenidos, actividades y evaluación no sólo de unos grupos respecto de los otros sino en relación a dicho programa común de la asignatura (hecho que se ha puesto de manifiesto en el documento del *Plan de Mejora 2010-11*).

848

Estas discrepancias son posiblemente debidas a la falta de adaptación de dichos proyectos docentes de los distintos grupos al programa común y de coordinación entre los distintos profesores no sólo de una misma asignatura sino en otras que mantienen una continuidad en el siguiente cuatrimestre, planteándose la necesidad de realizar una evaluación conjunta de los resultados obtenidos.

El programa común de la asignatura de *Dibujo 1. Geometría y Percepción*, especifica los siguientes objetivos y competencias específicas:

Aptitudinales.

- E01: Aptitud para aplicar los procedimientos gráficos a la representación de espacios y objetos.
- E02: Aptitud para concebir y representar los atributos visuales de los objetos y dominar la proporción.
- E03: Aptitud para dominar las técnicas del dibujo, incluidas las técnicas de dibujo digital, aplicadas a la arquitectura y el urbanismo.
- E72: Aptitud para la concepción, la práctica y el desarrollo de apuntes, croquis y levantamientos de arquitectura y de urbanismo.

Conceptuales y procedimentales.

- E06: Conocimiento adecuado y aplicado a la arquitectura y al urbanismo de la geometría métrica y proyectiva
- E07.- Conocimiento adecuado y aplicado a la arquitectura y al urbanismo de las técnicas de levantamiento gráfico en todas sus fases, desde el dibujo de apuntes a la restitución científica.
- E11: Conocimiento adecuado y aplicado a la arquitectura y urbanismo de las bases de la topografía, hipsometría y cartografía

Y el programa común de la asignatura de *Dibujo 2. Expresión y Comunicación*, los siguientes:

Aptitudinales.

- E03: Aptitud para dominar las técnicas del dibujo, incluidas las técnicas de dibujo digital, aplicadas a la arquitectura y el urbanismo.

Conceptuales.

- E04: Conocimiento adecuado y aplicado a la arquitectura y al urbanismo de los sistemas de representación espacial.
- E06: Conocimiento adecuado y aplicado a la arquitectura y al urbanismo de la geometría métrica y proyectiva.
- E11: Conocimiento adecuado y aplicado a la arquitectura y urbanismo de las bases de la topografía, hipsometría y cartografía.

Pero estas competencias y objetivos específicos, que siguen siendo generales pues son coincidentes en ambos, deben materializarse en unos determinados bloques temáticos de contenidos concretos, independientemente de cómo se plantee el desarrollo de cada proyecto docente en particular.

Si bien se intuyen algunas particularidades en ambos programas, en consonancia con el epígrafe que les da nombre, hay ciertos temas cuyos límites están claramente difuminados y puede dar lugar a confusión o distribución diferente según los criterios específicos que se adopten en cada proyecto docente. De esta manera, según cada criterio, contenidos como el apunte, el croquis o el levantamiento se da en una u otra asignatura. Esto se convierte en un problema cuando en algunos casos hay profesores que sólo imparten una de las dos cuatrimestrales en base a la carga horaria que le corresponde en el Plan de Organización Docente, por lo que se pueden producir repeticiones o ausencias en los grupos en los que cada cuatrimestral es impartida por docentes distintos.

Por otra parte, se detecta la ausencia de determinados contenidos obligatorios en algunos proyectos docentes. En algunos casos, un determinado contenido aparece en el proyecto docente, pero no se imparte aduciendo la escasez de tiempo. De esta manera, hay grupos en los que no se dan aspectos relacionados con el dibujo por ordenador o donde quedan ausentes los temas relacionados con la teoría de la Geometría Descriptiva, al menos como una teoría adecuada y estructurada de la teoría de la proyección y de los sistemas de representación. Como ejemplo más evidente se encuentra la total ausencia de los contenidos relacionados con el sistema acotado y sus aplicaciones derivadas de representación del terreno, cartografía y operaciones con terrenos. En otros grupos no se realizan apuntes y croquis, dedicando una gran parte del tiempo a determinados aspectos como el color o el análisis.

DIBUJO 1. Geometría y Percepción.	DIBUJO 2. Expresión y Comunicación.
<p>A – Introducción al dibujo arquitectónico.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Definiciones y conceptos. - Tipos de dibujo. Sistematización del dibujo arquitectónico. - Intenciones, miradas, visiones. Pensamiento y <u>procesos gráficos</u>. - Fundamentos geométricos. - Procedimientos gráficos y técnicas del dibujo manual y digital. 	<p>A – Funciones del dibujo arquitectónico.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dibujo, pensamiento y arquitectura. - Conocimiento, análisis, ideación, expresión y comunicación. <u>Procesos gráficos e infográficos</u>.
<p>B – Percepción y dibujo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introducción a la teoría de la percepción. - La percepción como proceso de comprensión de la forma arquitectónica. - Atributos de la forma: figura, proporción, dimensión, textura, color... - El apunte. - El croquis. - Iniciación al levantamiento arquitectónico. 	<p>B – Geometría. Comprensión y conocimiento del espacio.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los sistemas gráficos e infográficos como herramienta de comprensión y conocimiento de la arquitectura. - Visión espacial y control de la forma. - Análisis geométrico del espacio arquitectónico. - Generación de formas. Intersecciones y asociaciones. Curvas y superficies. - Operaciones con terrenos. Perfiles, movimientos de tierras. Explicaciones, viales. - Levantamiento arquitectónico.
<p>C – Geometría.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Geometría para el control gráfico de la forma arquitectónica. - Escala, medida, proporción. Sistemas de medida y sistemas metrológicos. - <u>Los sistemas de proyección</u>. - <u>Sistema diédrico</u>. Su gramática. Movimientos operativos. - Análisis de superficies elementales. - Planta, alzado y sección. - Introducción al sistema acotado, a la representación del terreno y a la cartografía. 	<p>C- Expresión, comunicación y dibujo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - El dibujo como lenguaje. Convenciones y codificaciones. - Recursos gráficos: líneas, superficies, manchas, luz, color, textura ... - Composición. Ordenación del dibujo de arquitectura. - <u>Perspectivas axonométricas y cónicas</u>. - Fotografía, modelos virtuales y maquetas.

Fig. 1. Tabla comparativa de contenidos temáticos de los programas comunes de Dibujo 1 y Dibujo 2.

Hay que destacar, sin embargo, que en varios grupos si se han impartido todos los contenidos y se han realizado ejercicios sobre cada uno de los contenidos incluidos en el programa común de la asignatura, cumpliéndose los objetivos previstos inicialmente y proporcionando al alumno las bases suficientes de técnicas de dibujo aplicadas a la arquitectura, relativos a los sistemas de proyección espacial y los relativos a la geometría métrica y proyectiva, incluidas las técnicas de dibujo digital. Ello demuestra que es viable aplicar el proyecto común con el tiempo disponible.

Es por tanto esencial la implicación e intervención de todos los profesores en la realización de los proyectos docentes para cada uno de sus grupos a partir del programa común estableciendo una coherencia entre ambos y la asistencia y



participación a reuniones de coordinación entre ellos.

Las posibles acciones de mejora que se proponen, que se manifiestan como viables pues ya han sido aplicadas con éxito en varios grupos, son:

- Adoptar un consenso entre los docentes implicados en las asignaturas de Dibujo 1 y Dibujo 2 para que los contenidos se den en una u otra materia sin que exista tanta disparidad en los bloques temáticos de los diferentes proyectos docentes. La figura 1 de la página anterior muestra una tabla comparativa de los bloques temáticos del programa común de ambas asignaturas, destacando aquellos temas que requerirían una mayor concreción o redistribución temporal de los mismos, en base a la experiencia de los dos cursos de 1º ya impartidos y que permite la detección de los aspectos a mejorar a la hora de elaborar cada proyecto docente.
- Para conseguir una rentabilidad del escaso tiempo disponible de horas presenciales (cuatro horas semanales impartidas en un solo día), se propone la siguiente metodología:
 - Primera hora: Clase teórica, suficientemente concisa y clara sobre los contenidos que se imparten, dejando de lado los aspectos relacionados con la investigación o con temas tangenciales que no ayudan a la comprensión de la materia básica de la asignatura.
 - Segunda hora: Resolución de algún ejercicio relacionado con la teórica explicada
 - Tercera y cuarta hora: corrección personal o en grupo del ejercicio de curso.

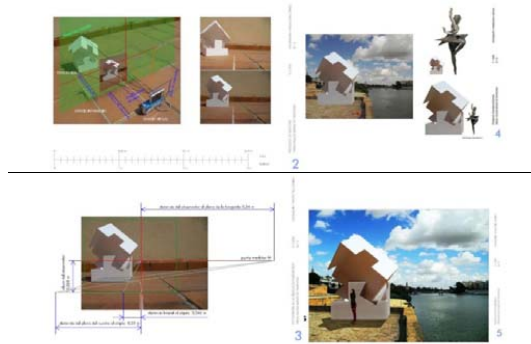


Fig. 2. Perspectiva cónica y fotografía. Curso 10/11. Dibujo 2. Alumna Teresa Vallejo Gómez de Travededo . Profesores Arévalo y Pinto.

- Como medio de contraste y aún contradiciendo un acuerdo previo del Consejo de Departamento, realización de pruebas conjuntas en las convocatorias de las asignaturas, demostrando así que el alumno ha adquirido en todos los grupos un mínimo indispensable de los aspectos básicos de ambas asignaturas.
- Como existen tres aspectos que muestran carencias en cuestiones teóricas y/o instrumentales, según los grupos, se proponen las siguientes indicaciones en cada uno de ellos:
 - Ordenador. En Dibujo 1 se pueden establecer determinadas explicaciones a modo de introducción sobre lo que significa el dibujo con ordenador (ausencia de escala previa, nivel de detalle, el espacio infográfico...). En Dibujo 2 se debe conseguir que el alumno sea capaz de trabajar como mínimo en 2D y que pueda expresar de manera coherente las proyecciones fundamentales de la arquitectura. Al final de este segundo cuatrimestre, se pueden realizar operaciones con fotografías de maquetas que se escalan y se introducen en un determinado espacio (fig. 2).
 - Geometría Descriptiva. En Dibujo 1 el alumno debería adquirir los conocimientos básicos de los sistemas de representación, con un dominio total de los aspectos geométricos que rigen en cada uno de ellos, prestando especial atención al Sistema Diédrico y a los movimientos necesarios para la obtención de las proyecciones (plantas, alzados y secciones). En Dibujo 2 se deberían introducir los aspectos teóricos relacionados con las intersecciones y con las sombras, aunque su desarrollo y práctica pueden basarse en programas de fácil uso como GOOGLE SKETCHUP®. Se incluyen a continuación algunos ejemplos desarrollados en el grupo de los profesores Arévalo y Pinto, empezando por el control geométrico de la arquitectura (fig. 3) y

avanzando en ejemplos básicos de intersecciones y maclas de superficies arquitectónicas (fig. 4).

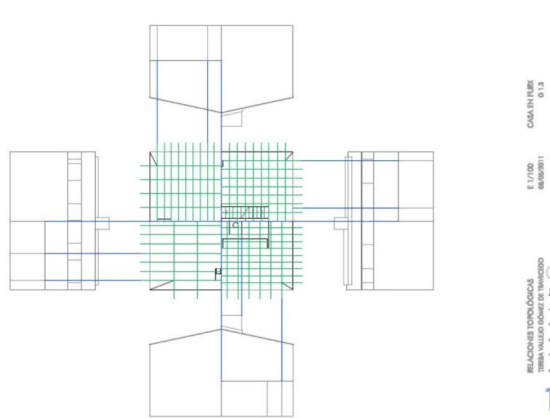


Fig. 3. Control y estructura geométricos. Convenciones para la comunicación. Proyecciones planas. Secciones. Curso 10/11. Dibujo 2. Alumna: Teresa Vallejo Gómez de Travededo. Profesores Arévalo y Pinto.

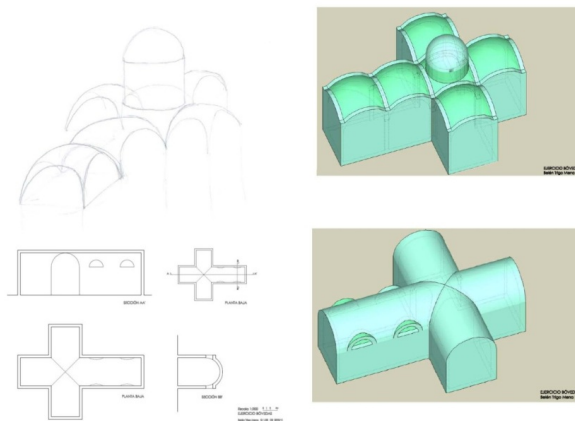


Fig. 4. Intersecciones de superficies geométricas. Cuso 10/11. Dibujo 2. Alumna Belén Trigo Mena. Profesores Arévalo y Pinto.

- Sistema acotado. En Dibujo 1 sólo se explicaría una introducción sobre este sistema y sobre la representación topográfica, dejando para el segundo cuatrimestre la resolución de problemas (operaciones con terrenos y cubiertas). Como experiencia interesante que ha resultado de gran utilidad, se muestra el ejercicio en el que se ofrece al alumno la posibilidad de introducir el modelo con el que está trabajando en un terreno, realizando perfiles, panoramas y operaciones de explanación, viales... (fig. 5.)



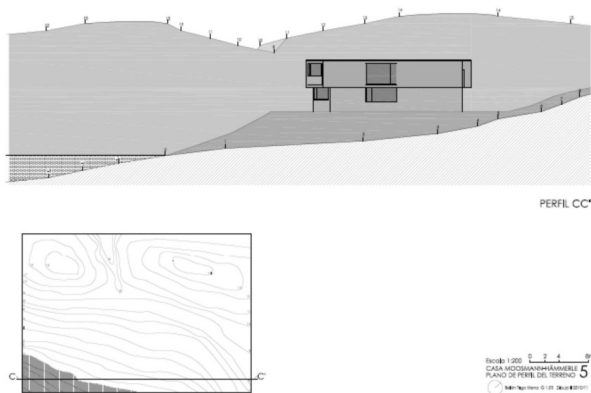


Fig. 5. Geometría del terreno. Propiedades y operaciones. Curso 10/11. Dibujo 2. Alumna Belén trigo Mena. Profesores Arévalo y Pinto.

3. Homogeneización de los criterios de calificación entre grupos de la misma asignatura y niveles de exigencia.

Se detecta un comentario generalizado por parte de los alumnos consistente en la existencia de diferencias apreciables en los criterios de calificación aplicados en cada grupo, en particular en lo referido a los niveles de exigencia. En realidad, se entiende que la calificación depende de muchos factores, incluso del nivel del alumnado, que en grupos tan reducidos puede fluctuar notablemente de un grupo a otro. Otro tema distinto es el del nivel de exigencia, pues en algunos grupos donde se ha impartido el temario completo y se han realizado ejercicios con contenidos de Geometría Descriptiva, los alumnos se quejan de una mayor exigencia y de una nota menor a otros grupos.

Según la tabla de la figura 6, los resultados de la primera convocatoria del primer cuatrimestre del curso 2010/11 de 1º del Plan 2010 indican un rendimiento medio sobre matriculados del 58% y sobre presentados del 61% (muy por debajo de la media de las cinco asignaturas del primer cuatrimestre).

RENDIMIENTO SOBRE MATRICULADOS						RENDIMIENTO SOBRE PRESENTADOS					
	NP	APTOS	NO APTOS	RENDIMIENTO (matriculados)	ABANDONO	SUSPENSOS	APROBADOS	NOTABLES	SOBRESALIENTES	M. HONOR	RENDIMIENTO (presentados)
DIBUJO 1	19	198	126	58%	6%	126	149	46	3	0	61%
media 1º	22	250	76			76	128	100	18	3	
media 1º (%)				72%							77%

Fig.6. Tabla estadística de la primera convocatoria del primer cuatrimestre del curso 2010/11 de 1º Plan 2010. ETS ARQUITECTURA SEVILLA. Fuente: Datos proporcionados por la Jefatura de Estudios del Centro.

Las causas probables de las diferencias entre los grupos pueden basarse en los siguientes factores:

- Falta de adaptación en alguno de los proyectos a los criterios de evaluación recogidos en el programa común de la asignatura.
- Falta de coordinación entre algunos profesores de los distintos grupos durante el curso.
- Novedad en la implantación del nuevo sistema de evaluación.
- Inclusión o no de pruebas de nivel realizadas en clase, especialmente en aspectos relacionados con Geometría Descriptiva. En estos casos, la nota puede bajar considerablemente debido al desconocimiento de esta materia por parte de los alumnos procedentes de Bachillerato, donde, dependiendo del profesor, han podido resolver los ejercicios en base a recetas gráficas y no desde el entendimiento del espacio.

Las posibles acciones de mejora que se proponen son:

- Uniformar más los criterios de calificación de unos grupos con respecto a otros dentro de la misma asignatura, y especificar para cada caso particular su aplicación práctica, tal como, además, establece el Reglamento de Actividades Docentes (Aa.Vv. 2009) en los siguientes artículos:

Con independencia de que existan uno o varios proyectos docentes, los criterios de calificación habrán de ser uniformes para los distintos grupos de una misma asignatura. (art. 56.3 del Reglamento de Actividades Docentes).

Los profesores tienen el deber de evaluar de manera objetiva el nivel de aprendizaje de los estudiantes, ateniéndose al sistema incluido en el proyecto docente. (art. 54.2 del Reglamento de Actividades Docentes).

Los proyectos docentes de las asignaturas contendrán, además del programa común de la misma a que se refieren los artículos 11 y 12, los siguientes datos: ... d) El sistema concreto, elegido entre los que figuren en el programa de la asignatura, de evaluación y calificación de las competencias, conocimientos y capacidades adquiridas por los estudiantes. Deberán incluirse los criterios de calificación, con expresión de las puntuaciones, de todas las actividades de evaluación continua y exámenes parciales y finales que se contemplen, así como su ponderación en la calificación final según la convocatoria de que se trate." (art. 42.2 del Reglamento de Actividades Docentes).

- La posibilidad de homogenizar los criterios de evaluación podría consistir en una medida comentada ya anteriormente: realización de pruebas conjuntas en las convocatorias de las asignaturas. Esta acción se puede llevar a cabo mediante dos posibles mecanismos de realización complementarios, cuyos responsables serán los coordinadores de las asignaturas y el Consejo de Departamento en última instancia:
 - Inclusión en el proyecto docente de cada grupo, de los criterios de calificación, adaptados al programa común, uniformes con los proyectos docentes de los demás grupos.
 - Realización de reuniones de coordinación entre los profesores de la asignatura para establecer dicha uniformidad de criterios de calificación de los proyectos docentes, y para el seguimiento de su aplicación.

4. Información que el alumno posee sobre el Crédito Europeo y sobre el proyecto docente al principio del curso.

La memoria final del semestre realizada por el *Plan de Calidad de Arquitectura en el curso 2010/11* estaba compuesta por representantes de diversos grupos que realizaban un diagnóstico del curso. En ella queda patente, salvo raras excepciones, el desconocimiento por parte de los alumnos del proyecto docente, del programa de la asignatura, de los objetivos y de los criterios de evaluación. Aparecen incluso repetidos en varias ocasiones términos como "gran desorganización" o "falta de coordinación".

Es evidente que existe un problema, debido bien a la falta de publicación de algunos proyectos docentes en las aplicaciones informáticas correspondientes puestas a disposición de profesores y alumnos por parte de la Universidad de Sevilla, bien al hecho de no informar correctamente al comienzo de cada asignatura del material disponible a tal efecto o bien, en la mayoría de las ocasiones, porque el alumno no considera importante la lectura de dicha documentación, amparándose en que ya se encargará el profesorado de volverles a contar las cosas durante el curso.

Las posibles acciones de mejora que se proponen deben ir encaminadas a fomentar el interés por parte del alumnado de la planificación y desarrollo de las asignaturas que previamente han planteado los docentes, y que podrían ser:

- Preparar e incentivar al alumnado en la lectura de la información, de las características, condiciones de entrega y criterios de evaluación a principio de cada curso o de cada actividad nueva a desarrollar por los mismos.
- Tal y como sucedía en el Plan de Estudios anterior, a principio de curso sería interesante algún tipo de seminario de introducción a los estudios de arquitectura, donde además de tratar los aspectos específicos de la carrera, se explique claramente al alumno el concepto de Crédito Europeo, del tiempo que se dedica a las horas presenciales y del tiempo que un alumno proveniente de Bachillerato Científico-Técnico, con conocimientos de dibujo y ciertas habilidades adquiridas en este ciclo preuniversitario, debe dedicar con su trabajo personal para superar las materias de la carrera, pues es relativamente habitual la existencia de alumnos que no han cursado esta asignatura previamente o no se ha impartido con una metodología encaminada a la comprensión global del espacio sino mediante "fórmulas" que permiten "aprobar los exámenes".



CONCLUSIONES

Este trabajo aporta como novedad la incorporación de un proceso de organización-aplicación-seguimiento-evaluación-revisión de un ciclo completo de docencia-aprendizaje de la Expresión Gráfica en Arquitectura en el ciclo inicial de la Docencia Oficial.

A partir de ese proceso, se concluye la existencia de importantes desajustes en la enseñanza del dibujo en el primer curso de la ETS de Arquitectura de Sevilla, que fundamentalmente se refieren, en algunos casos, a una deficiente relación de conocimiento entre los dos cuatrimestres donde se ubican ambas asignaturas.

Se ha detectado que algunos grupos no imparten o lo hacen muy someramente determinadas materias presentes en el programa común de las asignaturas con respecto a aspectos teóricos y/o sobre todo instrumentales relacionados con el dibujo por ordenador, la Geometría Descriptiva, la representación del terreno, los apuntes, etc.

Del mismo modo hay que destacar la excelente labor de varios grupos por adaptarse a las condiciones del programa común, así como la excelencia en los resultados de muchos trabajos de curso de diferentes proyectos docentes, diversidad que, bien organizada, es uno de los mayores potenciales del nuevo Plan de Estudios.

La acción fundamental que se deriva de los diferentes puntos analizados consiste en una mayor coordinación inicial del profesorado para establecer un consenso previo sobre los contenidos a impartir en cada cuatrimestre y los niveles de exigencia y calificación, que incluyan una óptima accesibilidad a la información por parte del alumnado, así como una adaptación más realista de la carga de trabajo presencial en relación a la no presencial.

En todo caso, es imprescindible una mayor eficacia en la comunicación profesor-alumno, seguimiento y evaluación, que mejore las condiciones para una adecuada adquisición de competencias básicas en el área de Expresión Gráfica, lo cual influye notablemente en la mejora de las capacidades en todos los ámbitos de la arquitectura.

Referencias bibliográficas

Aa.Vv., 2011, *Informe Anual asociado al Sistema de Garantía de la Calidad del Título de Grado en Arquitectura*, Sevilla, inédito.

Aa.Vv., 2009, 'Reglamento de Actividades Docentes de la Universidad de Sevilla', *Boletín Oficial Universidad de Sevilla* Nº2, 10 de febrero de 2009, Sevilla.

Arévalo Rodríguez, F., 2006, 'Antes del dibujo y de la representación: previsualización geométrica en el proyecto arquitectónico', *Actas del XI Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*, Sevilla, pp. 33-47.

De Manuel Jerez, E., Benítez Bodes, R., et al., 2006, 'El Aula Digital de la Ciudad (ADIC!)'. *La innovación en la enseñanza superior (I)*, Curso 2003-2004. Colección *Innovación y desarrollo de la Calidad de la Enseñanza Universitaria* nº 10, Instituto de Ciencias de la Educación, Universidad de Sevilla, pp. 517-529.

LA INTUICIÓN DEL MÓDULO: UNA HERRAMIENTA DE APRENDIZAJE

Amparo BERNAL LÓPEZ-SANVICENTE

Universidad de Burgos
Departamento de Expresión Gráfica. Área de Expresión Gráfica Arquitectónica.

ABSTRACT

The successive implementation of study plans, decreasing school hours, has had disastrous consequences for the teaching of graphical expression. We propose a teaching based on intuition, using the geometric module as a tool. Starting from the student's intuitive knowledge, they will develop abstract knowledge, and as consequence they will get spatial reasoning skills. To stimulate the student's intuitive knowledge, we should use examples of built architecture. For methodological simplification, we choose a modular tool that allows us an immediate identification. In the recent history of our architecture, we found the HELE module developed by Rafael Leoz y Joaquín Hervás in the sixties. The application in the teaching of geometry of the modular concept allows us a double run through the construction and deconstruction.

LA ACCIÓN DE APRENDER

Los programas tradicionales de enseñanza de la geometría descriptiva se han basado en el aprendizaje de conceptos teóricos y abstractos para su posterior aplicación en la resolución de problemas de la representación gráfica aplicada a la edificación. Temarios que se desarrollaban en un recorrido lineal desde los elementos y relaciones sencillas de la geometría plana, a la geometría espacial y sus aplicaciones. La concatenación de conceptos teóricos iba generando en el alumno un conocimiento abstracto cuyo desarrollo deductivo lo capacitaba para el razonamiento y la visión espacial.

De la experiencia docente sabemos que este recorrido es lento porque requiere un dilatado proceso de maduración en el aprendizaje para la asimilación de los conocimientos. La identificación de las relaciones espaciales de elementos arquitectónicos, con los conceptos teórico-abstractos adquiridos, es una capacidad que requiere horas de entrenamiento y reflexión individual.

La implantación de los sucesivos planes de estudio, disminuyendo las horas lectivas, ha tenido consecuencias desastrosas en la enseñanza de la expresión gráfica. Las nuevas directrices han priorizado la implantación de materias de contenido práctico frente a las asignaturas de formación básica entre las cuales se encuentra la geometría. Pero ésta es tan sólo una consecuencia más del devenir de la enseñanza y el aprendizaje que viene afectando a la programación de los estudios en su conjunto.

La adaptación a este nuevo orden de valores nos brinda la oportunidad de ahondar en la razón de ser de la enseñanza de la geometría aplicada a la edificación, cuyo objetivo debe ser la capacitación del alumno en la adquisición de herramientas para la interpretación y la representación gráfica. La enseñanza de la geometría descriptiva adaptada a los nuevos planes de enseñanza de Ingeniería de Edificación debe propiciar que el estudiante haga sus propios descubrimientos y evitar el exceso de conocimientos teóricos (Schank, Abelson, 1987).

En esta comunicación exponemos una metodología de aprendizaje basada en la acción; el "learning by doing" o "aprender haciendo". Es el denominado aprendizaje activo, adquirido experimentando y explorando, y no apuntando o escuchando. Una forma de enseñanza centrada en la importancia que tiene que el alumno aprenda por sí mismo los principios de funcionamiento de las cosas en cualquier ámbito. Su propia actitud crea la base para el aprendizaje, haciéndolo por ello más efectivo y gratificante, tanto para el que enseña como para el que aprende. Aprendemos haciendo y, gracias a la teoría, consolidamos y ampliamos lo aprendido (Schank, Abelson, 1987).

El "aprender haciendo" no es nada nuevo, es como siempre se ha aprendido. Su formulación teórica, tan de moda actualmente en los ámbitos de formación post-universitaria, parece de sentido común, pero sus fundamentos quedan aún lejos implantación en la enseñanza troncal universitaria. Por ello, proponemos un método de aprendizaje que conjugue la satisfacción de los profesores con la eficacia y motivación para los alumnos. No se trata exclusivamente de la implantación de las nuevas tecnologías en el aprendizaje, puesto que éste es un camino iniciado hace tiempo, ni de la revisión de contenidos, cuya modificación, sin duda, alteraría sensiblemente la adquisición de competencias del alumnado. Se trata de reestructurar la exposición de los conceptos.

El aprendizaje a través de la acción se apoya en el conocimiento intuitivo espacial, inherente en los alumnos que acceden a la enseñanza de Ingeniería de Edificación. Además, los alumnos que acceden a estos estudios, han adquirido algunos conocimientos de geometría descriptiva en su formación académica preuniversitaria. Estos conceptos nos sirven en el planteamiento inicial de esta metodología que invierte el proceso de



aprendizaje empezando por la acción para adquirir en último término el conocimiento teórico abstracto.

En esta línea experimental, no pretendemos evitar el rigor geométrico, defecto que acusaba una buena parte de la docencia de la arquitectura en España, tal y como denunciaba el profesor Gentil Baldrich hace unos años, al referirse al peligro de las interpretaciones "políticas y solapadas" de la docencia geométrica (Gentil, 1998). Sino más bien, centramos en una enseñanza ajustada a las competencias de los profesionales que pretendemos formar, cuyo ejercicio profesional estará principalmente encaminado a la interpretación de planos más que al proyecto o creación artística.

El aprendizaje por la acción es un principio didáctico-metodológico que se desarrolla en seis pasos, que se inicia con la identificación de un problema relacionado con los contenidos de la geometría y la posibilidad de afrontarlo mediante un proceso lógico de trabajo y aprendizaje. El alumno debe afrontar las siguientes etapas: información, planificación, decisión, ejecución, control y evaluación.

Para iniciar un ejercicio, el alumno debe informarse del problema para definir el objetivo a alcanzar, concretar el proceso de resolución exponiendo gráficamente la secuencia de pasos a realizar. Mediante la puesta en común y el trabajo en grupo se debaten los posibles procesos. Posteriormente en la planificación, el alumno, de forma autónoma, ensaya la ejecución del problema, esquematizando su resolución espacial antes de iniciar el dibujo. La puesta en marcha de lo planificado es la ejecución, que lleva implícita la de toma de decisiones.

En la ejecución deben tenerse en cuenta los criterios de calidad exigidos al alumnado para su evaluación. Se trata de una asignatura de expresión gráfica y el alumno debe interiorizar que la calidad en la resolución de problemas geométricos no participa sólo de la correcta planificación sino de la impecable ejecución. Es muy importante despertar en el alumno su espíritu crítico en la autoevaluación y exigencia de calidad a través de la reproducción de modelos resueltos. Por último, en la fase de evaluación, el docente controlará si las etapas se han desarrollado adecuadamente y la ejecución corresponde a los criterios de calidad exigidos. Se analizará el proceso de trabajo y se determinarán conjuntamente los errores para que puedan evitarse en próximos ejercicios.

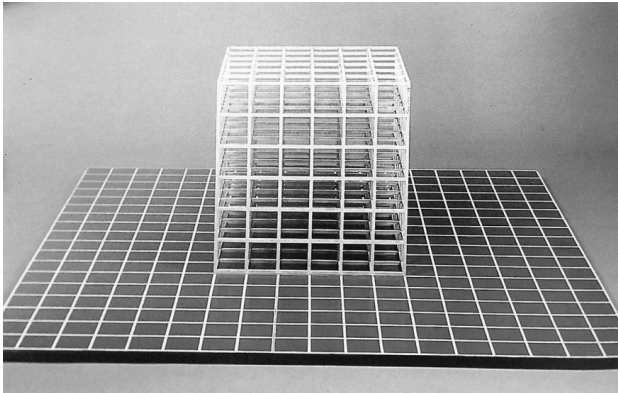


Fig. 1. *Cubo modular/Base*. 1968. Sol LeWitt.

PROCESOS Y HERRAMIENTAS: EL MÓDULO

En esta comunicación exponemos la línea de trabajo que se desarrollará de forma experimental el próximo curso en la asignatura de geometría descriptiva de Ingeniería de Edificación en la Universidad de Burgos. Proponemos una enseñanza basada en la intuición, utilizando un módulo geométrico como herramienta y desarrollando una metodología que siguiendo el principio didáctico anteriormente expuesto de "aprender haciendo".

La definición del diccionario para el término intuición nos da la aproximación a este concepto: "percepción clara, íntima, instantánea de una idea o verdad, como si se tuviera a la vista y sin que medie razonamiento". La intuición de la geometría que tienen nuestros alumnos, es una capacidad que han ido desarrollando de forma consciente e inconsciente. La intuición es por tanto, un plus para nuestro conocimiento, que debemos aprender a diferenciarla de impulsos o señales caprichosas que habitualmente se le han venido atribuyendo.

En el ámbito de la empresa y de la formación post-universitaria, si bien en la década de los noventa se descubrió la importancia de incorporar las emociones en la toma de decisiones, en este momento, el protagonismo se ha centrado en el conocimiento intuitivo, que ha abandonado la semiclandestinidad en beneficio de nuestro aprendizaje y decisiones. La intuición no es una alternativa a la razón, sino un

complemento valioso a cultivar y explotar. La intuición es un proceso mental subconsciente que se nutre de la historia anterior del individuo (Gladwell, 20006).

Aprovechando esta capacidad del alumno, las clases se expondrán presentando los ejercicios resueltos, de manera que el objetivo a alcanzar sea presentado de forma asequible y atractiva, que despierte su curiosidad y sea aprendido intuitivamente. El hecho de proporcionar modelos al estudiante podría interpretarse como un condicionamiento al desarrollo de su capacidad individual de expresión gráfica. Sin embargo, asumiendo esta limitación, desde la experiencia docente, sabemos que para el alumno es más sencillo desarrollar un aprendizaje activo desde la interpretación que desde la creación. La deconstrucción de dichos ejercicios le permitirá su interpretación teórica y el desarrollo de los conocimientos teóricos abstractos, y le proporciona un modelo correcto de representación, a partir del cual iniciar su propio recorrido en la expresión gráfica.

Este proyecto presentaba una mayor coherencia a medida que se concretaban los procesos didácticos y sus herramientas. En cuanto a la elección una herramienta para el aprendizaje, ésta debía reunir una serie de propiedades que permitieran el desarrollo de los procesos anteriormente expuestos. Para apoyarnos en el conocimiento intuitivo deberíamos utilizar ejemplos de la arquitectura construida. Por simplificación metodológica, escogemos una herramienta que nos permita una identificación inmediata con la volumetría de un edificio; un elemento modular.

El módulo, además de las características anteriormente expuestas, debería reconocerse como una representación icónica de la geometría arquitectónica aplicada a la edificación. De la historia reciente de nuestra arquitectura tomamos el ejemplo teórico del módulo "HELE" desarrollado en los años sesenta por los arquitectos Rafael Leoz y Joaquín Hervás.

El módulo HELE surgió de la necesidad que se planteaban estos dos arquitectos de resolver los proyectos de la manera más sencilla posible, buscando la economía mediante la repetición de elementos. La solución, que afirman, alcanzaron de forma intuitiva, posteriormente la desarrollaron llegando a convertirse en una de las aportaciones más importantes que se le reconocerá a la arquitectura española a lo largo de esta década desde un punto de vista conceptual y aplicado.

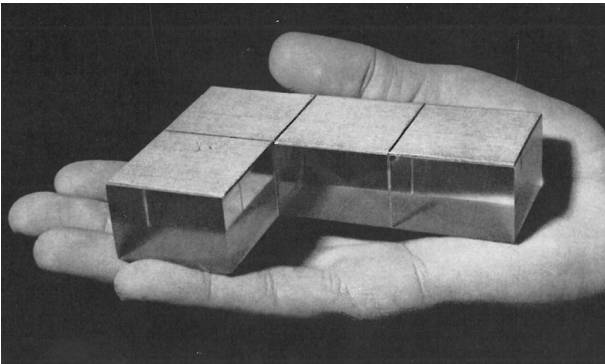


Fig. 2. Módulo HELE. *Arquitectura*, 1960, n.15, p.20

"Se trata de un prisma con base en forma de L formada por cuatro cuadrados iguales, cuyos techos pueden variar de altura, independientemente, incluso hasta anularse, según lo aconsejen las circunstancias. Su escala es la que convenga. Lo mismo representa un juguete que una manzana de viviendas" (HERVÁS y LEOZ, 1960, p.20).

El módulo "Hele" fue concebido para su aplicación en la organización espacial, aplicable por tanto en el diseño industrial y el proyecto de arquitectura o de urbanismo, ya que su escala es "la que convenga" tal y como decían sus creadores. Argumentaban la idoneidad del empleo sistemático de este sistema basándose en las posibilidades de la técnica de la industria de la construcción existente, ya que, como consecuencia de la modulación, conseguían una sola longitud de vigas, forjados, pilares, etc.

Partiendo de este principio de economía y posibilidades de prefabricación, para llegar a la justificación del módulo "HELE", utilizaban un cuadrado como módulo elemental y como meta llegaban a la formación de cuadrados compuestos de $n \times n$ cuadrados elementales. Por sucesivas agrupaciones y divisiones de cuadrados, Leoz y Hervás seleccionan tres figuras como "interesantes", que denominan: la "T", la "L" equilátera, y la "HELE". Los sucesivos estudios, les llevarán a la conclusión de que de esas tres formas posibles; la que ofrece más ventajas, y la de proporciones más bellas, es la que denominarán "HELE" (HERVÁS y LEOZ, 1960, p.22).



Rafael Leoz abandonó su carrera como arquitecto en 1960, para dedicarse a investigar la industrialización del proceso constructivo. Sus investigaciones ya en solitario, entorno al módulo "HELE", darán lugar a una publicación más amplia en 1966, y otras dos más, durante los años siguientes⁹⁵, que tuvieron una influencia incuestionable en la arquitectura española de la época y alcanzaron el más alto reconocimiento internacional⁹⁶.

La presentación histórica del módulo HELE nos permite desarrollar un formato diferente en el aula, que conecta la historia de nuestra arquitectura, con la investigación y la geometría aplicada. Un breve recorrido que permite la integración de los conocimientos teóricos de las clases de geometría desde otro punto de vista más allá del estrictamente técnico. Si el módulo Hele fue concebido por sus creadores como una herramienta de proyecto y de industrialización, la aplicación a la enseñanza de la geometría de esta herramienta nos permite un doble recorrido mediante la deconstrucción y la construcción.

DECONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO: EL CUBO

Mediante la deconstrucción del módulo HELE estudiamos el poliedro generador y sus elementos geométricos. El alumno posee el conocimiento intuitivo de la geometría del cubo. La interpretación de esa geometría a partir de diversos ejemplos nos permitirá alcanzar la abstracción necesaria para su representación geométrica. En este proceso de aprendizaje es prioritaria la visualización de modelos resueltos, donde el alumno se familiarice con los diferentes sistemas de representación. El objetivo es desarrollar desde el conocimiento intuitivo de las relaciones geométricas, su conocimiento teórico abstracto, para enfrentarse al dibujo individualmente.

En el aula se presenta el volumen del hexaedro dibujado en *sketchup*. Se estudian los elementos y relaciones del poliedro utilizando las herramientas de edición y visualización que nos permite este programa informático. Posteriormente en las clases prácticas se entrega a los diferentes grupos de alumnos la documentación sobre la que deben trabajar. Se les facilita la representación del poliedro en axonométrico y en diédrico en diversas posiciones. Un ejemplo de ejercicios resueltos y una serie de modelos incompletos para interpretar y redibujar. La comprensión espacial se realizará siempre utilizando la perspectiva axonométrica y posteriormente se elaborará de forma individual el dibujo de las proyecciones en sistema diédrico que permitan la construcción del objeto. El objetivo, tal y como recomienda en el prólogo de su libro el profesor Pozo (2010), es repetir una y otra vez los procesos hasta lograr dominarlos. Pero añadiendo que es más fácil iniciar un aprendizaje desde la repetición de procesos conocidos, incorporando ligeras variaciones, que desde el planteamiento de la innovación.

El proceso de deconstrucción lo estructuramos en tres apartados; el estudio de sus elementos y relaciones, el cubo como poliedro generador y el cubo en el espacio.

d1. Elementos y relaciones

Los alumnos inician el curso con unos conocimientos básicos de geometría descriptiva adquiridos en bachillerato. Además, las relaciones de perpendicularidad, paralelismo, verdaderas magnitudes, distancias, proporcionalidad y simetrías son conocidas intuitivamente desde la imagen de la realidad que nos dan los programas informáticos de visualización espacial. Para un aprendizaje activo basta con despertar la interpretación consciente de dichas relaciones y reforzarlo con su enunciado teórico.

La deconstrucción del módulo nos lleva al cubo y a la identificación sus elementos (vértices, aristas y caras) en los diferentes sistemas de representación. El aprendizaje mediante la deconstrucción del dibujo pretende simplificar el estudio, concentrando el objetivo principal en la comprensión espacial del paralelismo y posiciones angulares entre elementos y no en la elaboración manierista de problemas geométricos, en la que en ocasiones, ha degenerado el aprendizaje de la geometría. Manteniendo el objetivo docente de reducir y simplificar los conceptos expuestos por el profesor y poner el acento en su expresión gráfica.

⁹⁵ LEOZ, Rafael, 1968, "Habitat 67", *Arquitectura*, n. 109, pp. 21-27; y LEOZ, Rafael, 1973, "Humanismo, investigación y arquitectura", *Arquitectura*, n. 173, pp.11-36.

⁹⁶ Los trabajos de investigación posteriores de Rafael Leoz, desembocaron en colaboraciones con la Comunidad Europea del Carbón y del acero, con el Politécnico de Zurich, con la Universidad de Harvard, etc. Entre las aplicaciones de sus investigaciones está el recubrimiento de fachadas, a partir de módulos reemplazables, en lo que se ha considerado el elemento constructivo precursor de los muros cortina y los posteriores desarrollos *high tech* de Renzo Piano y Norman Foster. Todo ello cristalizó en 1966, con la creación de un "Instituto Internacional Rafael Leoz de Investigaciones Arquitectónicas", con sede en Madrid. En 1969 creó la Fundación Rafael Leoz para la Investigación y Promoción de la Arquitectura Social. Entre sus escritos teóricos, destacan *División y Organización del Espacio Arquitectónico*, prologado por Le Corbusier, y *Redes y Ritmos espaciales*.

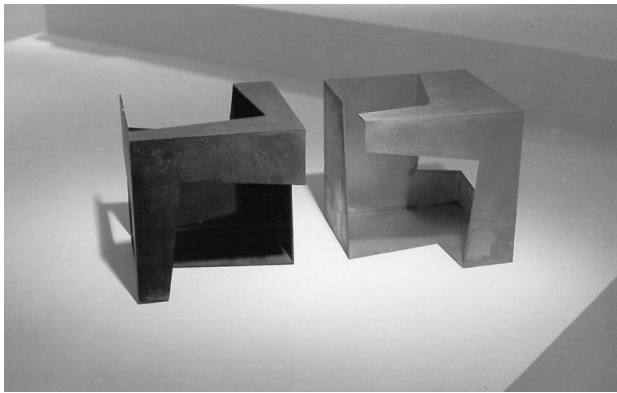


Fig. 3. Cajas vacías. 1958. Jorge Oteiza

La metodología se apoya en el trabajo de grupo, ya que con cada propuesta individual se enriquece la solución final. Utilizamos la axonometría para la visualización de los modelos resueltos. Los alumnos repetirán los ejercicios esquemáticamente en axonometrías libres como parte del trabajo de grupo antes de iniciar la realización individual de los ejercicios en diédrico que obliga a desarrollar el pensamiento abstracto.

d2. El cubo como poliedro generador

El cubo, obtenido por deconstrucción del módulo HELE, es un poliedro de asimilación intuitiva inmediata. Si obtenemos los demás poliedros a partir del cubo, resultará más fácil su comprensión espacial. Los poliedros regulares pueden inscribirse en el hexaedro si se disponen de manera que sus simetrías coincidan.

El conjunto de las simetrías del tetraedro es un subgrupo de las simetrías del cubo. En el tetraedro hay seis planos de simetría que coinciden con sus secciones principales, que están dispuestos en el espacio de la misma forma que los seis planos de simetría diagonales del cubo. Además, los cuatro ejes de rotación del cubo ternarios que pasan por los vértices opuestos, están dispuestos en el espacio de la misma manera que los cuatro ejes del tetraedro que pasan por los vértices y caras del tetraedro y los tres ejes de simetría binarios del tetraedro coinciden con los tres ejes de simetría cuaternarios del cubo. Por lo tanto si colocamos el tetraedro y el cubo de manera que todas las simetrías comunes coincidan, se puede dimensionar el tetraedro para que sus cuatro vértices coincidan con los vértices del cubo y sus aristas estén en las diagonales.

El cubo y el octaedro son poliedros conjugados y se puede obtener el uno a partir del otro, como también lo son el dodecaedro y el icosaedro, y el tetraedro es conjugado de sí mismo. El cubo y el octaedro tienen las mismas simetrías, el mismo número de planos de simetría y la disposición espacial de dichos planos es la misma. Si partiendo del cubo, unimos los puntos medios de sus caras contiguas, obtenemos el octaedro inscrito. La esfera inscrita al cubo pasa a ser esfera circunscrita al octaedro. El octaedro que se genera tiene las aristas perpendiculares a las del cubo.

También hay simetrías comunes entre el cubo, el icosaedro y el dodecaedro. Los planos de simetría del icosaedro, como en el dodecaedro son quince y coinciden con las secciones principales. Podemos inscribir estos dos poliedros en el cubo de manera que las aristas se sitúen sobre sus caras, dividiéndolas en rectángulos iguales. No todas las aristas estarán en las caras, ni tampoco los vértices coinciden. Para poder así inscribirlos, hacemos coincidir tres de los planos de simetría del icosaedro y del dodecaedro, en su caso, con los tres planos de simetría principales del cubo. La arista del icosaedro, para que quede así inscrito, es segmento áureo de la arista del cubo. La arista del dodecaedro, es segmento áureo de la arista del icosaedro hallada anteriormente, o bien la diferencia entre la arista del cubo y la arista del icosaedro inscrito (Doménech, 1994).



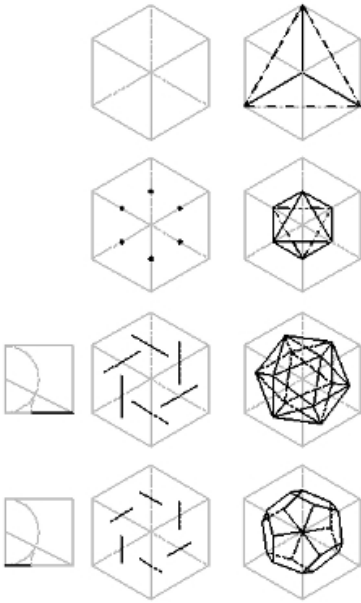


Fig. 4. Poliedros regulares inscritos en el cubo

La obtención de los poliedros regulares a partir del cubo se expondrá al alumno con una presentación realizada con el programa de diseño *sketchup*. Este programa nos permite un dibujo rápido y la posibilidad de una visualización espacial desde diferentes ángulos. La manipulación volumétrica, que nos permiten sus herramientas de edición, estimula el conocimiento intuitivo de los poliedros platónicos. Se cumple así la primera fase de información del aprendizaje activo propuesto en esta metodología.

860

En las fases posteriores los alumnos deben enfrentarse a la planificación y ejecución de los ejercicios propuestos; primero en grupos y después individualmente. La planificación se realiza de forma esquemática en modelos de isométrico, participando todo el grupo en la toma de decisiones. Posteriormente, cada alumno del grupo debe realizar en sistema diédrico los ejercicios propuestos. La evaluación con una puesta en común de los trabajos de cada grupo además de la evaluación del profesor.

d3. El cubo en el espacio

Conocida la geometría del cubo, se inicia el recorrido en la representación espacial del objeto que se realizará en diédrico y axonométrico indistintamente. El profesor proporcionará a los grupos de alumnos los modelos en imágenes o en perspectivas esquemáticas realizados a mano alzada. (Fig. 5 y 6). Entre los miembros del grupo, deberán repartirse el trabajo para realizar la documentación gráfica exigida para su evaluación. Cada grupo tendrá un objeto diferente y parte de la evaluación será la valoración que entre los grupos de trabajo realicen sobre los trabajos de sus compañeros.

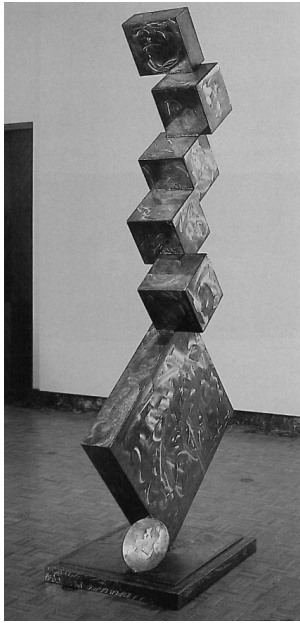


Fig. 5. *Cubi I*. 1963. David Smith.

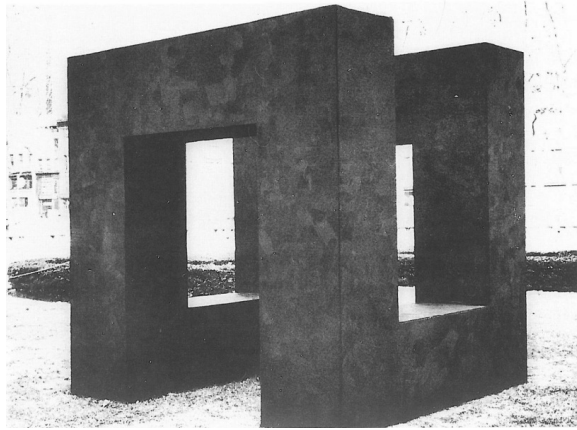


Fig. 6. *We lost*. 1966. Tony Smith

Durante la fase de deconstrucción, el alumno ha ido adquiriendo de forma experimental la capacidad de interpretar los conceptos básicos. Utilizando la intuición en la primera fase de información, se pone en práctica la metodología del aprendizaje activo, que se desarrollará mediante la repetición de ejercicios, cuyo resultado ha sido adquirido intuitivamente. Mediante la acción, el alumno se ha ido familiarizando con el proceso de abstracción de los sistemas de representación. El empleo de herramientas informáticas permite que el alumno visualice los ejercicios resueltos, de manera que desarrolle su intuición espacial tal y como lo haría en la vida profesional adquiriendo así un nivel de aprendizaje más profundo. La deconstrucción de modelos gráficos facilita la acción del aprendizaje hacia el proceso de abstracción. El alumno aprende haciendo y lo aprendido se consolida, se amplía y generaliza, mediante la teoría.

CONSTRUCCIÓN MÓDULAR: CREACIÓN Y REPRESENTACIÓN

Una vez alcanzados los objetivos de la fase de deconstrucción-interpretación, comienza el proceso creativo de construcción, como segunda parte de este aprendizaje basado en la intuición modular.

El proceso de construcción estimula la creatividad del alumno. La representación gráfica de los volúmenes irá evolucionando desde las situaciones más sencillas, conocidas intuitivamente, a las más complejas obtenidas por movimientos en el espacio, cuya representación deberá apoyarse en los conocimientos racionales de la geometría adquiridos.

El estudio histórico de la arquitectura modular, además de otras muchas consideraciones anteriormente expuestas, nos transmite la belleza del orden que desprende de toda estructura geométrica. Las posibilidades de prefabricación con el módulo "HELE" tenían aplicación no sólo a la incipiente industrialización de la construcción española de los años sesenta, sino se concebía como un instrumento en la concepción del proyecto mediante la construcción de maquetas.

En el campo de la industrialización, la aplicación de los estándares modulares no tuvo trascendencia más allá del campo de la investigación, debido a la falta de recursos económicos y de voluntad política para invertir en su desarrollo⁹⁷ (De la Hoz, 1960, p.2-8). Sin embargo, la influencia del mensaje estético del módulo "HELE" basado

⁹⁷ En el campo de la industrialización, la aplicación de los estándares modulares no tuvo trascendencia más allá del campo de la investigación, debido a la falta de recursos económicos y de voluntad política para invertir en su desarrollo. Rafael de la Hoz, director General de Arquitectura del Ministerio de la Vivienda en 1960 intentó poner en marcha el "El Plan de industrialización de construcción de viviendas", cuya materialización necesitaba de los estudios de industrialización que aportaban las investigaciones de Leoz.



en la proporción matemática y la concepción modular del proyecto⁹⁸, será evidente en las soluciones de algunos de los proyectos de los numerosos premios y concursos que tendrán lugar en esta década. Los criterios de modulación, economía, y rapidez de ejecución, se adoptarán como esenciales y definitivos para la construcción de la nueva arquitectura institucional⁹⁹ (Bernal, 2011).

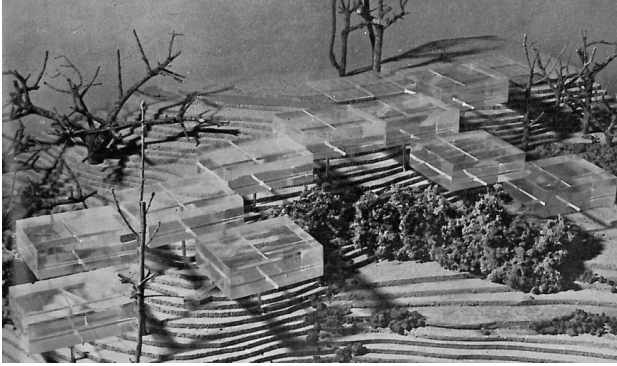


Fig. 7. Premio Nacional de Arquitectura 1960, Javier Barroso y Angel Orbe, *Arquitectura*, n. 28, abril 1961

(...)La belleza del módulo HELE, se entiende desde el sentido clásico del equilibrio y la armonía, según el cual, es necesario la existencia de una correspondencia adecuada de las formas parciales en el conjunto total en el que están integradas (...) (D'Ors, 1968).

Hacemos nuestro el objetivo que perseguía Rafael Leoz utilizando el módulo HELE como herramienta de proyecto para la creación de composiciones modulares, cuya belleza y armonía estarán ligadas a la simplicidad. Toda creación artística implica el dominio de la abstracción como proceso intelectual (Worringer, 1908). Aunque la enseñanza de geometría para los alumnos de Ingeniería de Edificación está orientada a la interpretación más que a la creación, su desarrollo requiere inexorablemente de un mínimo dominio de la abstracción. Para enfrentarse al proceso de creación, el alumno debe dominar los conceptos y herramientas que le permiten la resolución de ejercicios gráficos en el sistema diédrico y axonométrico.

⁹⁸ Víctor D'Ors se referirá a Rafael Leoz como "el moderno Vitrubio", y lo comparaba a Le Corbusier, que siempre se había pronunciado a favor de la industrialización del edificio, defendiendo las nociones de estandarización (en 1915, Le Corbusier, realizó su grupo de casas "Dom-ino", donde la carpintería prefabricada determinaba la alineación del muro).

⁹⁹ De estos proyectos, destacamos los ganadores de algunos de los numerosos concursos convocados durante los años sesenta: "Estudios para diez artistas en el monte del Pardo", de Javier Barroso y Angel Orbe, ganador del Premio Nacional de Arquitectura de 1960, el proyecto para la Universidad Laboral de Madrid de Laorga y López Zanón en 1962; al proyecto para un Museo de Arte Contemporáneo en la Ciudad Universitaria de Madrid de Jaime López de Asián y Angel Díaz Domínguez, ganador del Premio Nacional de Arquitectura en 1969. La aplicación de los criterios modulares y de prefabricación fueron también determinantes para la concesión del primer premio al proyecto del Pabellón de Carvajal para la Feria Mundial de Nueva York en 1964.

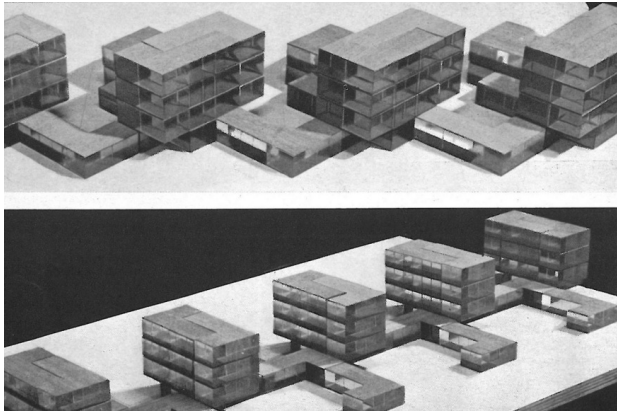


Fig. 8. Maquetas modulares. *Arquitectura*, 1960, 15 -38.

Referencias bibliográficas

BERNAL LÓPEZ-SANVICENTE, Amparo, 2011, *Las revistas Arquitectura y Cuadernos de Arquitectura: 1960-1970*, Tesis doctoral, Escuela de Arquitectura, Universidad de Valladolid, pp. 349-356.

DE LA HOZ, Rafael, 1960, "Plan de Industrialización de construcción de viviendas", *Arquitectura*, n. 18, pp. 2-8.

DOMÉNECH ROMÁ, Jorge, 1994, *Poliedros regulares: geometría descriptiva*, Universidad de Alicante.

D'ORS, Víctor, 1968, "La fabricación racionalizada y el arte de proyectar", *Arquitectura*, n.111, pp. 7-9

GENTIL BALDRICH, Jose María, 1998, *Método y aplicación de representación acotada*, Ed. Bellisco. Madrid.

GLADWELL, Malcolm, 2006, *Inteligencia intuitiva: ¿por qué sabemos la verdad en dos segundos?*, Alfaguara, Bogotá.

LEOZ, Rafael, HERVÁS, Joaquín, 1960, "Un nuevo módulo volumétrico". *Arquitectura*, n.15, pp. 21-41.

LEOZ, Rafael, 1966, "División y organización del espacio arquitectónico. Módulo Hele". *Arquitectura*, n.86, pp. 1-26.

POZO, Jose Manuel, LAVILLA, Ana Cristina, 2010, *Geometría métrica y descriptiva para arquitectos. Tomo II, T6*) Ediciones S.L., Pamplona.

SCHANK, Roger, ABELSON, Robert, 1987, *Guiones, planes, metas y entendimiento: un estudio de las estructuras del conocimiento humana*, Barcelona, Paidós.

WORRINGER, WILHELM, 1908, *Abstracción y Naturaleza*, Munich.

Procedencia de las ilustraciones: Fig. 1, 3, 5 y 6, en: MARCHAN FIZ, Simón, 1994, *La Historia del Cubo. Minimal Art y Fenomenología*, Rekalde, S.L. Bilbao.



LOS SISTEMAS GENERATIVOS EN LA CREATIVIDAD ARQUITECTÓNICA: EXPERIENCIAS Y APLICACIONES DE HERRAMIENTAS DIGITALES EN LOS TALLERES DE DISEÑO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA - ECUADOR.

Xavier BURNEO VALDIVIESO

Universidad Técnica Particular de Loja-Ecuador
Unidad de desarrollo e investigación en Arquitectura (UDIA)

Resumen

Today for architecture and the architect is essential to find, create an exchange of skills and capabilities through experimentation and visualization of their projects, taking into account these aspects the objective of this work is through the study of theory and a series of exercises to strengthen the relationship between geometry, generative design methods and digital technologies in architectural projects from the creation, visualization of a digital work to completion using the commercial software Rhinoceros, through its parametric logic (derived from Grasshopper an application).

Although the studio is developing the partial results has allowed students in the workshop through the conceptual tools and digital technology to express, represent, experiment, explore and visualize the possibilities and bi-dimensional through a range of events never have.

Introducción

Desde el momento en que la globalización hace su apareamiento, la arquitectura entra en un nuevo umbral correspondiente al siglo XXI (Ibelings H., 1998, pp.9.), como si se tratase el renacimiento y la revolución industrial. Esta época donde la arquitectura ya no solo esta emparentada a los cánones reglamentarios de la arquitectura moderna y el uso de las herramientas digitales solo a nivel de dibujo, sino a nuevos aspectos que ejercen influencia sobre la arquitectura: la biología, filosofía, junto a una amplia gama de tecnologías CNC y sistemas paramétricos (Krauel J.,2003, pp.0), a través de los nuevos programas de diseño que permiten un grado de complejidad y desarrollo de formas torsionadas, alabeas, y que están centradas en la prestación de herramientas de apoyo para los arquitectos especialmente de quienes se sienten fascinados por lo que pueden generar dentro de este nuevo espacio.

Pensar y hacer arquitectura son acciones que en nuestros días han cambiado radicalmente desde su representación hasta la manera de crear los diseños, especialmente con la llegada de las nuevas herramientas digitales generando nuevos espacios, necesidades e investigaciones. Para la arquitectura y el arquitecto es fundamental la búsqueda, el crear un intercambio de habilidades y posibilidades a través de la experimentación y visualización de sus proyectos, pero lamentablemente esto no acaba por consolidarse e implementarse ni en tecnología, ni metodología para la enseñanza de la arquitectura, y se lo ha dejado como simples herramientas para la representación arquitectónica en cursos sueltos donde se generan (planos, alzados, secciones, perspectivas, y hoy por hoy las animaciones) como si se tratase de un dibujo realizado con técnicas tradicionales, desaprovechándose de esta forma de un recurso valioso que debería convertirse en un verdadero componente de transformación en el proceso de diseño.

Frente a estos acontecimientos la presente investigación realizada en la Unidad de Desarrollo e Investigación en Arquitectura (UDIA) de nuestra universidad junto a un grupo de alumnos de la escuela de arquitectura trata de definir un enfoque alternativo en la manera del que hacer arquitectura a través del estudio de la teoría y una serie de ejercicios, para fortalecer la relación entre geometría, métodos de diseño generativo y las tecnologías digitales en los proyectos arquitectónicos desde la creación, visualización de una obra digital hasta su realización (a nivel de maqueta), para entender el enorme potencial que este significa en la arquitectura actual y poder ir adaptándola como materias que fortalezcan verdaderamente el plan de estudios de la escuela de arquitectura en nuestra universidad, a través de lenguajes formales, de expresión, representación y desarrollo técnico-constructivo alternativos a los métodos tradicionales. Siendo nuestro interés no es tener una escuela digital con un valor comercializado por tal o cual programa o equipo de última generación, que sin duda son esenciales para el desarrollo y experiencias de los estudiantes de la escuela, sino más bien, qué tan bien los medios digitales se integren dentro de los estudios de diseño y junto con estos esfuerzos de investigación, la enseñanza del diseño, encontrar imaginativas formas de integrar mejor los medios digitales en el proceso de diseño.

En este contexto en una primera exploración el presente trabajo se plantea: ¿Qué cambios se desarrollaron en el proceso de diseño arquitectónico desde el advenimiento de la era digital junto a los sistemas generativos?, junto a la hipótesis: "La era digital está provocando cambios en la manera de diseñar la arquitectura y el uso de

la computadora durante el proceso de diseño, aporta está ventajas al mismo", con esto se plantea el objetivo particular de este trabajo: Establecer el papel que desempeña las tecnologías digitales (T.D.) y los sistemas generativos en el proceso de diseño arquitectónico.

Metodología

Ahora, más que nunca, el estudio del diseño arquitectónico se esta enfrentado a nuevos problemas y desafíos en la arquitectura en términos de la aplicación de la tecnología informática para concebir, conceptualizar, generar y desarrollar, analizar, evaluar, sintetizar, compartir, presentar y discutir ideas de diseño. Así como en la organización de la forma, el espacio y la función guiados especialmente por conceptos aparentados con otras ciencias especialmente con las nuevas matemáticas que ahora se convierten en la informática aplicados hacia la innovación de formas especialmente a la estética del proyecto, así generado cambios fundamentales para la misión, visión y futuro como diseñadores, educadores e investigadores. Por ello las universidades, docentes y alumnos debemos estar preparados para la presentación y discusión de la aplicación innovadora y la integración de la tecnología informática en la enseñanza y practica de la arquitectura.

Asumiendo lo anteriormente mencionado es preciso desarrollar una base para nuestra investigación con un fuerte contenido teórico y practico, para ello durante la presente trabajo se determino los siguientes pasos para la ejecución del mismo. Aquí se estableció un proceso de ejecución de la investigación bajo cuatro componentes:



Fig 1. Esquema de trabajo.2012. Autor

Aplicación

Armado el esquema de trabajo y desarrollado la primera parte con el desarrollo de la teoría, pasamos a la aplicación de la investigación centrado en algunos conceptos en que la arquitectura se ha ido reformulando con una serie de eventos y tecnologías que van mas allá del uso de uno u otro software. Los mismos se plantean en propuestas experimentales y atrevidas que incluyen y expresan el potencial creativo e imaginativo de los jóvenes estudiantes de la escuela. Así mismo el uso del programa de modelado mencionado como herramienta que han despertado un enorme interés a diseñadores a nivel mundial (sin encasillarnos a la utilización de solo este programa).

En estas aplicaciones hemos centrado principalmente nuestros esfuerzos en conocer y desarrollar los sistemas y componentes generativos como un método indirecto que puede ser operado para producir una variedad de soluciones posibles a través de la recombinación de elementos arquitectónicos y su transformación: dada una o varias formas iniciales y un conjunto de reglas de transformación preestablecidas. Con la utilización de los S.G. el diseñador no tiene que ver con la solución de un problema particular en un contexto específico, sino mas bien con la definición de un método que permitirá resolver problemas en diferentes situaciones. Además de permitir acceder como diseñadores a generar ideas con nuevos conceptos y herramientas a través de la elaboración de sistemas y conceptos de cálculo.

Comprendiendo el concepto y el alcance de los sistemas generativos en la creatividad arquitectónica, ahora pasamos a utilizar la clasificación determinada por la Dra. Gabriela Celani, investigadora de la Universidad de Campinas, (UNICAMP).



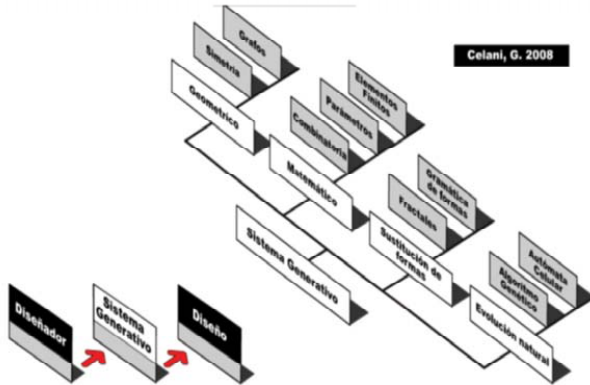


Fig 2. Clasificación de los sistemas generativos.2008. Celani Gabriela.

Teniendo como base estos conceptos y su clasificación, partimos nuestras aplicaciones confrontando al estudiante con una serie de problemas (o proyectos) aumentando en complejidad con una formalización progresiva de la idea de diseño, desde el diseño conceptual, hasta la elaboración de un sistema que produzca un resultado adecuado a lo que quiere el diseñador.

Talle 1 - Intersección de planos y volúmenes

866

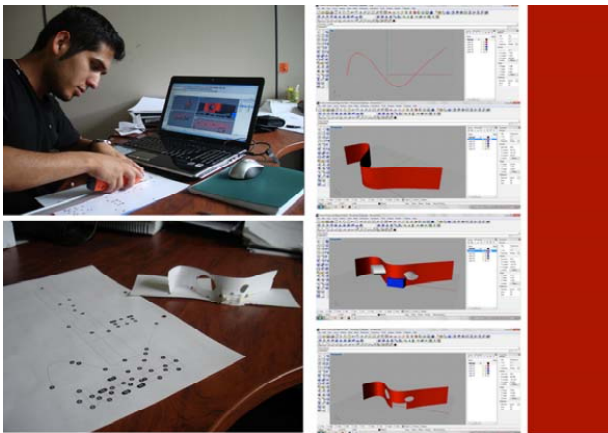


Fig 3. Taller 1- Intersección de planos y volúmenes, desarrollo en el programa Rhinoceros. 2011. Autor

En este primer ejercicio introductorio nos referenciaremos a la geometría descriptiva como elemento fundamental en el desarrollo de la arquitectura. Por ello nuestra primera aproximación será el entendimiento de estos conceptos en un entorno virtual, por lo que nos planteamos el manejo de intersecciones. Generaremos en tres pasos el desarrollo del mismo: primero énfasis en el razonamiento lógico, después en la construcción y visualización del modelo virtual y finalmente en la aplicación en maquetas bajo el desarrollo de verdaderas magnitudes. La intersección realizada esta bajo una superficie curva con dos objetos tridimensionales (un cuadrado y un cilindro), todos ellos elaborados en el entorno virtual desde su inicio.

A pesar de ser su primera aproximación a este proceso y su difícil entendimiento y ejecución, se pudo observar, que los mecanismo, métodos y técnicas utilizadas los resultados fueron exitosos, comprobando en primera instancia el diseño y la construcción resulto mucho mas fácil, sin importar su complejidad especialmente en la fabricación del objeto tridimensional.

Taller 2 - Rotación e intersección de elementos



Fig 4. Taller 2 - Rotación e intersección de elementos en el programa rhinoceros- grasshoper. 2011. Autor

Posteriormente a la introducción en el manejo del programa y frente al proceso del modelado tridimensional en el entorno virtual y fabricación del mismo, pasamos a un nuevo flujo de trabajo mucho más complejo, la generación de prototipos rápidos basado en patrones y conceptos de diseño básico y la programación a través del programa seleccionado. La generación de este prototipo es totalmente diferente a la manera tradicional de diseñar, por lo tanto los alumnos del taller van a diseñar un sistema para que genere nuestro producto. La gran ventaja es que permiten al usuario manipular ciertas intenciones del diseño arquitectónico sin tener que repetirlo desde su inicio.

El uso del modelador se demuestra por el fácil desenvolvimiento geométrico y búsqueda espacial por medio de modelos en dimensión real. Nótese que el propósito de la parte digital no se dirige a la representación hiperreal del proyecto, sino más bien a fortalecer la fase de conceptualización y desarrollo del modelo a trabajar con un sistema preestablecido. Por lo tanto la facilidad de revisión, cambio y ajuste de elementos geométricos proporcionados por el programa y el sistema preestablecido deja al alumno la libertad de ir fortaleciendo el proceso sin tener un solo modelo.

Taller 3 - Pasarela a través de conceptos de analogía y modelos paramétricos

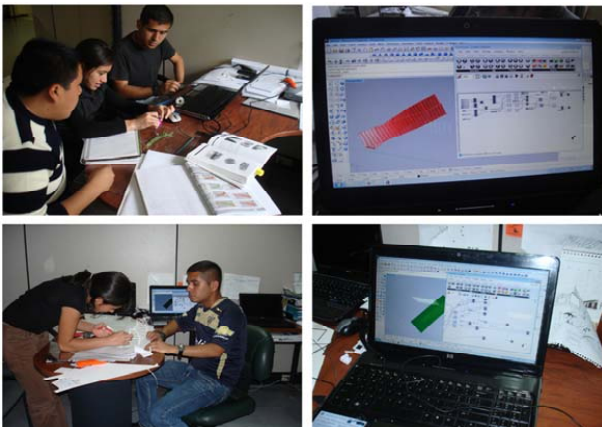


Fig 5. Diseño de la Pasarela con alumnos en el programa Rhinoceros. 2011. Autor

Continuando con el desarrollo de prototipos, en este ejercicio fortaleceremos conceptos de diseño analógicos y pragmáticos, además de elaborar formas geométricas con alto grado de complejidad basados en parámetros. El ejercicio se enfoca en los espacios urbanos y elementos encontrados en el lugar, en este caso utilizaremos una hoja de una planta como parte de la estructura que va a cumplir la función de proteger y de



crear la forma de torsión de la pasarela, logrando movimiento y que el transeúnte sienta que está en un lugar en el cual el diseño interactúa con él.

Para generar la pasarela partimos de la programación de un sistema diseñando todo en el Grasshopper, comenzando por la estructura interna que son las disposiciones cuadradas, desde ahí ya planteamos la rotación y la torsión adecuada para que el diseño no genere incomodidad para quien recorra a través de ella, esto es posible al comienzo o al final del proyecto ya que con el sistema diseñado podemos modificar ciertos elementos sin interferir en otros. Y por último aplicamos la geometría de la hoja para cada una de las superficies. El diseño está creado como un proceso de práctica en el cual ya se va utilizando componentes de grasshopper más complejos.

Taller 4 - Desarrollo de una doble piel para un edificio



Fig 6. Simetría- Modulación- Aplicación a superficies. 2011. Autor

Este ejercicio se lo ha concebido bajo el concepto de simetría utilizado por tratadistas como Palladio y Vitruvio. Para introducirnos al diseño es necesario conocer cada tipo de simetría existente y cada una de las diversas formas de proyectarla. En todos los casos se observa que a partir de una determinada figura, aplicando diversos conceptos se genera un motivo y que por repetición es susceptible de cubrir un plano. El estudio matemático de estas simetrías se conoce con el nombre de <<grupo de simetría del plano>>. (Calcerrada F.)

Después de este análisis partimos hacia nuestro prototipo con módulos propuestos por Palladio, para proyectarlas a una doble piel de un edificio tomando en cuenta el diseño por módulos de este autor. Junto a la simetría axial muy conocida se pueden utilizar componentes como: rotación, traslación y reflexión logrando formas distintas a las ya conocidas, logrando un mayor dinamismo y evitar las formas estáticas que a veces son muy comunes en los diseños. A este diseño en dos dimensiones se generó un sistema que igualmente a los ejercicios anteriores nos permita tener un mayor control del diseño y poder crear una conceptualización más eficaz. Luego de esto es importante que este todo bien definido para convertir nuevamente estas formas en geometrías y tratar de desarrollarlas en verdaderas magnitudes para luego realizar la maqueta que nos permitió crear la sensación tangible donde sabremos como verdaderamente es el resultado final obtenido.

Conclusiones generales de los alumnos en relación a las aplicaciones

El programa utilizado es interesante por que nos permite generar diferentes formas, además de la resolución de las verdaderas magnitudes de los ejercicios realizados, así la facilidad de la construcción de maquetas disminuyendo el tiempo de realización y verificando con ello el resultado en todo el proceso de diseño.

Nos ayudó a crear diferentes opciones de diseño, pero la falta de conocimiento de los componentes y parámetros de grasshopper, no permitió potencializar el proceso ni el programa.

El crear un sistema generador ayuda a mantener múltiples opciones de diseño consolidando al máximo la idea del diseñador, además del trabajo con las tres dimensiones y en tiempo real modificando los parámetros preestablecidos. Pero esto también llevo algunos problemas que se deben fortalecer como es que nos perdimos en el espacio virtual así como la escala del mismo. Por ello es indiscutible el utilizar bocetos a mano para rescatar la idea principal y no perderse en el camino.

Conclusiones generales

Se concluye con el argumento de que los programas paramétricos no sólo proporcionan el equipo para los estudiantes como los medios de comunicación alternativos a los modelos físicos y sistemas basados en lápiz, sino que las tecnologías avanzadas de los sistemas de diseño generativo tiene un papel doble, para proporcionar a los estudiantes de diseño, la experiencia y la comprensión del papel de avanzada de sistemas de diseño en el aprendizaje directo de la capacidad de diseño, que es el principal propósito de la enseñanza del diseño en la arquitectura, más que un simple sustituto para una herramienta de diseño manual. Con ello hoy en día los educadores, investigadores y diseñadores están descubriendo nuevas formas de mirar los diseños mediante el uso de la tecnología informática.

La forma generativa y el diseño paramétrico interactúan entre sí de manera compleja y provocan efectos secundarios. Los estudiantes potencializan con ello la inspiración de la estética geométrica que se encuentra en el juego de las formas que produce el computo digital y que hoy en día es cada vez mas evidente de la forma arquitectónica y el análisis de lo que se refiere a las matemáticas. Las posibilidades escultóricas de las matemáticas, las formas se han reacondicionado al proceso de diseño que establece modelos nuevos y enfoques tectónicas en cada uno de los talleres realizados.

La resultados de esta nueva exploración están floreciendo infinitas posibilidades de la imaginación durante el proceso de modelado y el uso de reglas con las posibilidades que ofrece la producción de las matemáticas con la construcción de formas en 3D a través de variables de control, así mismo la Fabricación digital ha dado a los estudiantes las herramientas necesarias para manifestar sus ideas conceptuales y el sistema creado en la computadora con el programa utilizando plasmada ya en un objeto construido (maquetas) y no solo que se de cuenta en el mundo virtual. Fusionando estos dos componentes muy importantes el modelado digital y desarrollo de maquetas borrador. Transformando el objeto de un estado de "ser" (modelo digital) a uno de convertirse "en" (maqueta)

Con los nuevos medios de presentación, nueva reinos del pensamiento arquitectónico y la producción son posibles, con lo cual el diseñador se libera de las limitaciones de los modelos tradicionales de presentación.

Como lo anunciábamos al inicio, el presente trabajo esta en pleno desarrollo y que sin duda durante este poco tiempo han existido muchos problemas, pero creo que ha sido fructífero estudiar, analizar y entender el uso de estas herramientas durante la fase de concepción y desarrollo de los diferentes proyectos arquitectónicos, y que sin duda serán muy importantes a nivel académico como profesional, ya que en esta nueva epata los arquitectos tenemos un mundo infinito de posibilidades, pero siempre dependerá de nosotros mismos y las propuestas y diseños que realicemos.

Referencias bibliográficas

- Calcerrada, F. *Las Matemáticas y la arquitectura*. Recuperado en septiembre de 2011, de http://matematicas.uclm.es/ita-cr/web_matematicas/trabajos/84/matematicas_arquitectura.pdf
- Celani, G. (2008). Enseñando diseño generativo: una experiencia didáctica, Congreso SIGRADI , CUBA
- Celani, G. Generative design in architecture: history and applications with the new production methods. Campinas, Brazil: School of Civil Engineering, Architecture and Urban Design (FEC) State University of Campinas (UNICAMP).
- Herrera, P. (2009) Las Tic's: Una herramienta para la creatividad del arquitecto. XX Encuentro Nacional de Facultades de Arquitectura. Medellín, Colombia . Octubre 16, bajado de la pagina http://issuu.com/pabloherrera/docs/medellin_200904web, el 29 de marzo de 2010
- lbelings, H. (1998). *SUPERMODERNISMO Arquitectura en la era de la globalización*. Barcelona : Gustavo Gili
- Krauel, J. (2003). *Arquitectura Digital: Innovación y Diseño*. Barcelona
- Von Vodtke, M. (2000). *Diseño con herramientas Digitales*. México: McGraw-Hill. P.p.284
- <http://www.rhino3d.com>, Recuperado en septiembre de 2011
- <http://www.grasshopper3d.com>, Recuperado en septiembre de 2011



GRAPHIC REPRESENTATION AS LINK GENERATOR OF SOCIAL CHANGE IN PERCEPTION ON CAPITAL MINOR

Carmen CÁRCEL GARCÍA

Polytechnic University of Valencia
Department of Architectural Graphic Expression

Summary

"Beauty perishes in life, but is immortal in art"
Leonardo da Vinci

Leonardo quotation summarizes entirely the contribution tried to be carried out in this communication.

We propose, therefore, cooperate to immortalize beauty. The beauty seen from our perspective as a tangible reality which involves the architectural heritage in general and minor (Arizaga 2002) in particular.

The experience initiated by teachers and students of the Final Project Workshop 15 Degree from the School of Building Engineering, ETSIE, Polytechnic University of Valencia, aims to put the drawing and, in general, the discipline of graphic expression in the service of knowledge and appreciation of Valencian irrigated region (Huerta) heritage that has suffered its identity diminishments as fast as its rural surroundings.

Texto comunicación

INTRODUCCIÓN

"Europa necesita impulsar su capacidad de creatividad e innovación, por motivos tanto sociales como económicos. El Consejo Europeo ha reconocido en repetidas ocasiones que la innovación es fundamental para la capacidad de Europa de responder efectivamente a los desafíos y oportunidades de la globalización, lo que requiere que se potencien las aptitudes creativas básicas de toda la población. En particular, se necesitan aptitudes y competencias que permitan a las personas percibir el cambio como una oportunidad y estar abiertas a nuevas ideas que promuevan la innovación y la participación activa en una sociedad culturalmente diversa y basada en el conocimiento".

Decisión del Parlamento Europeo y del Consejo
relativa al Año Europeo de la Creatividad y la Innovación 2009

La nueva estrategia programada para este taller de Proyectos Final de Grado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación tenía que avanzar en esta línea de creatividad e innovación, pero ¿Cómo podíamos ser innovadores en nuestra disciplina? y aún más, ¿cómo podíamos participar activamente en la sociedad?

Surgió así, la idea de realizar un Proyecto de Colaboración como una aportación más a la innovación social tendente en Europa. Se trata pues de llevar a cabo un proyecto de índole social con participación activa de la Universidad Politécnica de Valencia, UPV, a través de los alumnos de proyecto final de grado de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación, por un lado y por otro, de los vecinos del casco antiguo de Campanar.

Pequeñas poblaciones, hoy en día barrios como Campanar, Benicalap, Benimaçlet o Patraix, nacidas al abrigo de la huerta periurbana de Valencia han visto menguar su identidad al mismo ritmo que desaparecía su entorno rural. Pero en todas ellas, existe algo en común, la tenacidad por subsistir, motivada tal vez por la carga histórica que subyace en cada una de estas urbes que nos lleva a cuestionarnos el valor de estos enclaves como parte del patrimonio rural valenciano.

Campanar se halla en el extremo oriental de la ciudad. Limita por la zona norte con la acequia de Mestalla y el Camino Viejo de Paterna; por la zona este, con la avenida de Burjasot hasta el puente de San José y por la

zona suroeste con el río Turia. En la parte occidental se sitúa en núcleo tradicional y la huerta que persiste después de la expansión de la población. Oculto detrás de una muralla de edificios de viviendas de gran altura se descubre un asentamiento de casas rurales, construidas en su mayoría entre los siglos XIX y XX.



Fig 1. Vista del casco antiguo de Campanar desde el campanario. 2012. Foto propia.

Cerraba al noroeste de la ciudad este primer arco de población el Lloc de Campanar, originado a partir de las diversas alquerías islámicas, una de ellas documentada por la arqueología en la alquería de Barberá de la partida del Pouet, recientemente derribada. El caserío primitivo, muy ampliado en el S. XIX, se repartía en tres sectores contiguos, el primero constituido por las calles de Barón de Barcheta y del Grabador Enguídanos, el segundo por la confluencia de esta última calle y la de Benidorm, Benifayó y Mosén Rausell. Se conservan algunas de las casas de los siglos XIV y XV, entre éstas la situada en la calle Barón de Barcheta junto a la actual iglesia. La estructuración de su planta entorno a un patio central y la existencia en su interior de una capilla, núcleo de la posterior iglesia, son datos que hacen pensar en la existencia de una casa palacio gótica... (Algarra 1999).

Sus casas, aunque han ido evolucionado, conservan elementos de la tipología típica de la vivienda de huerta tradicional, como es el espacio de entrada, que sigue manteniendo las dimensiones del antiguo acceso de carruajes que atravesaba la casa completamente hasta llegar al patio, y que configura una distribución del espacio en forma de L con dependencias laterales a una o dos manos. El interior se ornamenta con suelos ricos en dameros y motivos geométricos, las paredes se engalanan con zócalos y cenefas de azulejos con motivos típicos valencianos y pinturas de motivos florales de gran belleza, los techos se adornan con talla y se pintan, asemejando los motivos florales de las paredes. Mientras que el exterior mantiene una imagen idílica de paisaje urbano tradicional con carpinterías imponentes y cerrajerías forjadas imitando bellos detalles ornamentales.

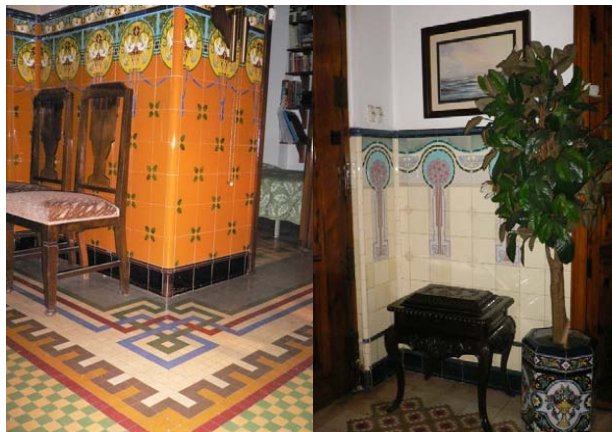


Fig 2. Interior de viviendas. 2012. Foto propia.

Históricamente, hasta mediados del S.XX Campanar permaneció separada físicamente de la ciudad, pero a



partir de aquí fue literalmente absorbida por el crecimiento de la población, que significó para este núcleo rural un cambio radical de fisonomía en cuanto al aspecto constructivo, funcional y paisajístico. El Plan General de 1946 declaró a Campanar, y al resto de pueblos, "núcleos periféricos", reservando y calificando los terrenos próximos, es decir, la huerta como "ensanches futuros" y zona de edificación abierta.

La adversidad del Plan de 1966 vino a modificar criterios del anterior Plan, recalificando el núcleo urbano como "zona de extensión", aspecto que contribuyó a su densificación, y los terrenos próximos a éste, como "zonas de tolerancia industrial", declarando desafortunadamente la huerta como zona edificable y originando el principio de su extinción.



Fig 3. Vista aérea del casco antiguo de Campanar rodeado de huerta poco antes del desafortunado desarrollo urbanístico. 1964.

872

El continuo proceso de deterioro y desaparición del patrimonio arquitectónico e hidráulico de Campanar, herencia de una rica huerta medieval y la persistencia de un núcleo histórico preservado gracias a la declaración de los BICs de 1992 y 2007 donde se establece Bien de Interés Cultural la iglesia y su entorno más inmediato, son algunos de los factores clave que han conferido a este pequeño núcleo de población todo el protagonismo de este proyecto.



Fig 4. Destrucción de a huerta y derribo de las alquerías del Pouet, futuro Nou Campanar. 1999. Eduard Pérez Lluch, historiador de Campanar

Nuestra innovación docente (De Miguel. 2006) nos lleva a poner en marcha este proyecto de colaboración y de puesta en valor de un patrimonio menor, como el de Campanar, que en ocasiones es infravalorado y condenado a claudicar. La realidad protagonizada por esta población, al igual que por otras, es una realidad

cercana y sutil que pasa desapercibida a propios y ajenos, entendidos y profanos, que estiman su existencia como carente de interés, estableciendo criterios sin conocimiento previo del ente analizado y que la condenan inevitablemente a sucumbir.

OBJETIVOS

Este proyecto de colaboración de índole socio-cultural, entre la Universidad y la Ciudad plantea una doble finalidad:

- En primer lugar, el proporcionar a los alumnos la oportunidad de trabajar sobre casas de alto valor histórico y patrimonial que les permita adquirir la conciencia y sensibilidad necesarias que sugiere trabajar con un paisaje de la Huerta Valenciana. El alumno realiza un trabajo de levantamiento y análisis completo del objeto, profundizando en el conocimiento de su hábitat, con el objetivo final de conseguir que surja la sinergia entre la casa (realidad) y el proyecto de rehabilitación (arte).
- En segundo lugar, el colaborar intrínsecamente en la revitalización y promoción del casco antiguo de Campanar, inmortalizando la belleza de sus casas y de su historia vital, tal y como Leonardo aventura en su cita. Concienciando a propios y ajenos, a entendidos y profanos de la necesidad de salvaguardar estos habitats urbanos como entidades únicas y distintivas del paisaje típico de la huerta valenciana.

Establecidos los objetivos del proyecto, únicamente queda por fijar las fases de actuación que permitirán el éxito de esta empresa:

1. Fase de contacto. En esta fase el alumno entra en contacto con la vivienda asignada, con su entorno, con su historia, profundizado en su conocimiento.
2. Fase de concienciación. El alumno a través del conocimiento, adquiere un nivel de concienciación que lo capacita para sentar una propuesta de actuación sobre su vivienda, basándose en criterios lógicos.
3. Fase de comunicación. La sociedad a través de la sinergia transmitida por el alumno instruido tomará conciencia del valor de este patrimonio arquitectónico y paisajístico dando sentido al instinto de conservación del mismo.

CONTENIDO

Dentro de los nuevos planteamientos docentes estrenados recientemente por los planes de estudio del Plan Bolonia y dentro del marco de la innovación (Ruiz-Velasco, 2007) queremos apostar desde la asignatura de proyecto final de grado por dar una visión más amplia a la disciplina de la expresión gráfica y a nuestra forma de enseñarla.

En este proyecto de innovación de carácter social que hemos diseñado y planificado, se ha iniciado la primera fase de los objetivos marcados, consistente en el conocimiento exhaustivo por parte del alumno de la vivienda asignada.

Para ello los alumnos utilizarán en primer lugar el dibujo como instrumento base de percepción, ya que entendemos que el dibujo es fundamental a la hora de conocer cómo es y cómo está construido el objeto real. Scamozzi diría allá por el año 1615: *Los dibujos... vienen a ser sólo de tres clases: esto es la planta o superficie, el alzado o fachada y la sección, estas dos últimas sirven para levantar el cuerpo del edificio; y esta es una vía infalible para conocer todas las cosas, ya sean naturales o artificiales, e incluso en parte sobrenaturales, puesto que por medio del dibujo se reduce en pequeñísima forma el mundo terrestre e incluso celeste... De modo que por medio del dibujo se expresa fácilmente todo aquello que no se puede lograr con ni con múltiples palabras ni describir por escrito:...* (Seguí de la Riva, 2010).





Fig 5. Croquis realizado durante la fase de contacto.
Alumno: David Izquierdo González

Sin embargo, si establecemos una similitud entre arquitectura rural y paisaje urbano, haciendo nuestra la definición de Eric Tello (1999) "Los paisajes humanos, en general, son una construcción histórica resultante de la interacción entre los factores bióticos y abióticos del medio natural..." podemos afirmar que nos encontramos ante una arquitectura viva en constante transformación a lo largo del tiempo.

Por lo tanto, para llegar a entender el ente urbano que tenemos en nuestras manos no basta únicamente con el análisis morfológico del mismo si no que habrá que realizar una prospección histórica - social lo más amplia posible que permita un conocimiento riguroso del objeto y un entendimiento de los cambios, bióticos y abióticos, que se han producido en él.

La prospección histórico-social de las casas ha sido pues, la segunda fase de este conocimiento del objeto por parte del alumno. La búsqueda de información en diferentes fuentes documentales y archivísticas, así como, la ofrecida por los propietarios de las mismas, han proporcionado ese conocimiento intrínseco al que hemos hecho referencia anteriormente. Un conocimiento resultado de la reflexión que el alumno ha sido capaz de realizar y que será base suficiente para permitirle establecer criterios que den respuestas a su propuesta de rehabilitación.

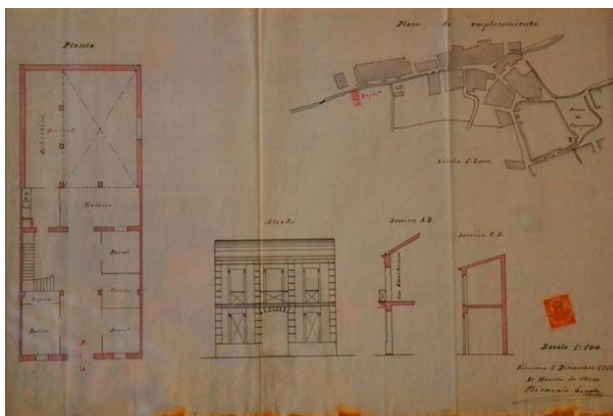


Fig 6. Plano. Licencia para construcción de casa. PU 1917, caja 1, exp. 34.
Archivo Histórico Municipal de Valencia

Hemos podido comprobar que a mayor profundización en el conocimiento de la vivienda, mayor son los síntomas de concienciación y sensibilidad que los alumnos han adquirido, finalidad perseguida por este

proyecto de innovación, marcado inequívocamente sus propuestas de actuación presentes y sin duda alguna, su particular visión de esta arquitectura tradicional desconocida para ellos hasta el momento actual. De la misma forma que el conocimiento implica concienciación y sensibilidad para el instruido, la forma de comunicar dicha información puede, en mayor o menor medida, enfatizar el reconocimiento social, de propios y ajenos, de entendidos y profanos..., desconocedores de la historia de estos núcleos rurales, que han tenido durante décadas una percepción diluida de la realidad, no siendo conscientes del valor histórico y cultural de estos asentamientos.

Volvemos de nuevo a apoyarnos firmemente en nuestra herramienta de trabajo, el dibujo y la representación gráfica, como instrumento capaz de crear una simbiosis entre lo que se percibe y lo que no, siendo ésta la clave que establezca con éxito el vínculo de comunicación entre el espectador y la arquitectura trazada.



Fig 7. Sinergia entre realidad y arte. Alumna: Ana López Ramón.

La experiencia iniciada en esta tercera fase pretende poner de relieve la importancia de la expresión gráfica y el papel primordial que tienen en la transmisión del conocimiento y la percepción de la realidad. Tan importante es, qué se quiere decir como, cómo conviene expresarlo.

Se pretende pues, que el trabajo de levantamiento gráfico y conocimiento exhaustivo de diversas casas en Campanar, realizado por los alumnos, pongan de manifiesto la riqueza de estas unidades residenciales, escondida no visible a los ojos del ignorante y, por lo tanto, contribuya a cambiar esta percepción indolente que tiene la sociedad respecto a lo que le es ajeno.

CONCLUSIONES

Como resultado final, la consecución de esta experiencia nos aportará a los protagonistas implicados una gran riqueza de conocimiento y por lo tanto de reflexión sobre la necesidad de proteger y valorar el patrimonio menor, adquiriendo una nueva conciencia sobre los valores propios de la sociedad valenciana.

Del éxito de este proyecto de colaboración dependerá la ideación futura de un plan estratégico de gestión sobre este patrimonio menor que recoja diferentes actuaciones, no solamente sobre Campanar sino sobre otras pequeñas poblaciones periurbanas próximas a la ciudad, que permitan el proceso de regeneración y recuperación de su mermada identidad.



Referencias bibliográficas

Aguilar Bocanegra, R. M^a., 1985, *Campanar desde sus orígenes*, J. Aguilar. Valencia.

Algarra, V. y Berrocal, P., 1999, "La ciudad Barroca. Los poblados en la particular Contribución", *Historia de Valencia, Cap. 26*, Universidad de Valencia – Levante – EMV, Valencia.

Almagro Gorbea, A., 2004, *Levantamiento arquitectónico*, Universidad de Granada.

Arízaga Bolumburu, B., 2002, *La imagen de la ciudad medieval. La recuperación del paisaje urbano*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria, Santander.

De Miguel, M. (coord.), 2006, *Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias*, Alianza editorial.

Ortega Valcárcel, J., 1998, "El patrimonio territorial como recurso cultural y económico" *Ciudades, 4. Territorio y Patrimonio*, Instituto de Urbanística de la Universidad de Valladolid, Valladolid.

Rey Aynat, J. M. del, 1998, *Arquitectura Rural Valenciana: tipos de casas dispersas y análisis de su arquitectura*, Generalitat Valenciana.

Ruiz-Velasco Sánchez, E., 2007, *Educatrónica. Innovación en el aprendizaje de las ciencias y la tecnología*, Ediciones Díaz de Santos, Madrid

Seguí de la Riva, J. 2010, "Ser dibujo" *Actas XIII Congreso EGA*, pp 180-181, Universidad Politécnica de Valencia.

THE TRADITIONAL DESIGN, TOOL AND A HALF PREPARATORY TO NEW FORMS OF EXPRESSION GRAPHICS

(1) Laura CARNEVALI
(2) Fabio LANFRANCHI

"Sapienza" Università di Roma
Dipartimento di Storia, Disegno, Restauro dell'Architettura

ABSTRACT:

La licenciatura en Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Roma establece que el primer año de la disciplina de diseño que la actividad educativa. El sendero que comenzó como un experimento en 'AA 2011-2012 tratará de proporcionar a los estudiantes conocimientos teóricos y habilidades aplicadas en métodos de diseño como una herramienta fundamental de la visualización y la comunicación pueden responder a las necesidades de la sociedad contemporánea en los trabajos de diseño y construcción la ingeniería civil. Un diseño tradicional, que no abandona a los métodos de la geometría descriptiva capturado y codificado con el tiempo, acompañada por el modelo de material que permite un enfoque que imita la arquitectura a escala y/o la infraestructura y, al mismo tiempo que la gente piense acerca de los problemas de los contenidos relacionados con la escala de la representación que se cree que adopte, es cada vez más de preparación a las nuevas formas de expresión gráfica y la arquitectura de comunicaciones.

INTRODUCTION:

The degree Course in Civil Engineering, Faculty of Engineering, "Sapienza" University of Rome, trains technicians to manage and control the processes of construction, maintenance and operation of civil works. The future professional can take over the design, implementation, management and supervision of works, buildings and infrastructure at the service of human activities on land.

The course, divided into three years, is essential in preparation for the Master of Science in Civil Engineering, provides a complete and thorough expertise on central topics of engineering, as well as an operational specialization and vocational high level in the domain Structures, Infrastructure, Geotechnical and Hydraulics. The educational process expected in the first year, including various training activities, the discipline of design framed within the parameters of MIUR (Italian Ministry of University and Research) in the Scientific Sector (SSD) 17 ICAR.

The Design Course divided into lessons and exercises for a total of 60 hours corresponding to 6 credits (CFU) - whose trail was activated in the first semester of academic year 2011/2012 with experimental modes-focused on the specific plan for the same time as an irreplaceable instrument of understanding and communication medium of the physical reality that surrounds us and that in the making. Such an assumption assumes a particular significance considering that the structures of communication between the design embodies a fundamental and specific role for the analysis and description of spatial phenomena in general and the application fields related to engineering and architecture in particular.

TARGETS :

The goal of the design was to propose a trail under the "Civil Design", able to guide learners on the future of communication always and inevitably based on inherited foundations from the past: "Design between tradition and innovation".

A path in which it is claimed, first of the importance of the scientific content of the representation, the problems related to different scales of representation, the importance of the implementation of material models in scale, essentially a series of steps required and at the preparatory step towards more "innovative" design manual, which is perhaps, in the three-dimensional representation, the scope of its action more effective and interesting. One area of communication in continuous evolution, the outcome of which, surely appealing, base their foundations in the theory and practice inherited from the "traditional" drawing.

CONTENTS:

FROM DRAWING-LANGUAGE TO PROJECT, FROM PHYSICAL REALITY TO REPRESENTED REALITY. *(2)

Accepted that the design is the key means to promote the progress of knowledge is necessary to clarify the role of drawing as an expressive means entering into the merits of the communication process. Project means: the set of calculations, drawings and process necessary to define clearly the idea, by which to achieve any work of genius. In other words, the project, in this case architectural, is definable as a medium between the idea of a manufactured article and its realization. The "means" by which this evolutionary process takes shape and is then "broadcasted" is the design. Drawing, therefore, intended both as a means of representation -intended to define more precise than the number of components linked by functional laws, technology, poetry, contribute to the definition of the architectural element- both as a language for the training of thought-formulation; language to articulate according to a wide range of expression from time to time aimed at achieving outcomes diversified, while remaining the object of representation constant.



As part of the design process can highlight two distinct phases of the design: the first could be called ideational, corresponding to the formation of thought, marked by a series of problematic representations allusive and ambiguous, and a second more properly be described as communicative, determined by the control of thought, where the representation becomes conventional, descriptive, unambiguous. Vary substantially in phase corresponds to a variation of the users of the graphic message: the set of ideational designs are mainly aimed at a single "interlocutor", the creator; the graphs belonging to the phase of definition and limitation, conversely, must be characterized by high conventionality of expression, as their aim is to design communication to the actors participating in the construction process: purchasing, contracting, workers. And it is starting from the distinction of users that you can make a fundamental distinction about the different communicative purposes of these graphs in consequence of the different degrees of conventionality of expression.

The image through the design takes shape gradually, comes once rationalized, translated into a language no longer personal but conventional, objective that the client first and later administrations, technicians and workers participating in the construction process, can first approve, and, therefore, setting it in place.

Defined, albeit brief, "the affinity between drawing and language" can be helpful at this point, use this affinity to facilitate understanding of the essential, though not exclusive, ties of drawing with the project design, assuming, albeit factiously, a sort of syllogism between literary and communication structure design.

In fact, as we can "decompose" a literary composition in various periods in turn are made with various propositions formed from sets of words, you can perform a similar operation to the project.

To the period understood in the linguistic sense, the definition of which can be summarized in simplified: a union of two or more sentences with a meaning, we can relate the whole series of drawings such as thematic executive specialized graphics for the commission, administrative etc. charts. that, even if equipped with complete meaning for each pertaining field, allow the complete exemplification of the planned only by means of a comprehensive reading.

By analogy, as well as the formulation of the literary period is done through the use of propositions or sentences namely: elementary linguistic units that expressed thoughts of sense, a complete project development uses of all representations at different scales, intended as expressive units, defined at the same time as distincts but complementary.

As previously mentioned any graphic to be included must be drafted in a way, symbols and scale bars are able to adhere to specific requirements of conventionality of expression suitable to the theme, and then to the specific topic.

Clearly, considering the vast fields of action related to the profession of architect and/or engineer, you will need to resort to a representative system extremely varied both in terms of graphic convention, that of course, in terms of representation scale (Figs. 1-2).

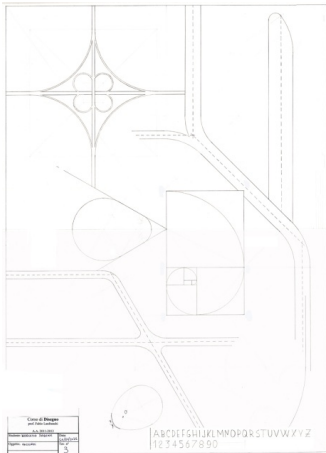


Fig 1. Course works. 2011/12. Course in Civil Engineering, Faculty of Engineering, "Sapienza" University of Rome.

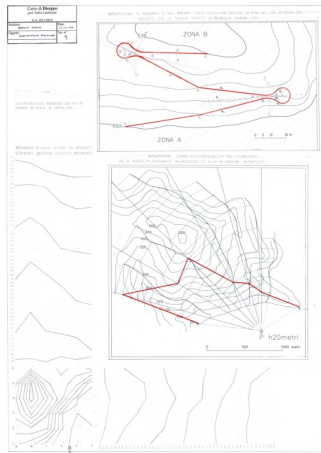


Fig 2. Course works. 2011/12. Course in Civil Engineering, Faculty of Engineering, "Sapienza" University of Rome.

For example, the characteristics of a communication made on the basis of photogrammetric aerial mapping are essentially characterized by a "representation" of spatial reality rather allusive and conventional, the opportunity to read the real relationship between consistency and unbuilt space is only indicative, this type of drawing is in fact characterized by a substantial accuracy of the projective plane of reality, but orographic reality more often

is not flat. To a high degree of conventionality expressive therefore corresponds to the same time, an equally necessary use of synthesis, and therefore of abstraction.

In other words, the appropriateness and effectiveness of any design to any representation scale, depends on both the physical space available on paper, but from the instances of communication suitable for that kind of scale.

These considerations, ie the limits imposed by available surface and communicative purposes, however, relating to the specificity of scale, helping to introduce the concept on the complementarity of the different scales of representation. Each scale representation provides a representative range of well-defined. It is difficult to draw the planimetry of any quarter in 1:5000 scale and represent complete with roofs. Extending this type of practice at each performance, and not only architectural, it follows easily that each scale ratio must be defined with a specificity of communication for its content. The various specialized components that contribute to the definition of an architectural project, defined through a series of gradual depth view to the identification of parts and relations between them, can be derived only through a coordinated set of graphs with different scales, which, in the same way as chapters of a literary text, they are able to illustrate the roles and rules without ever losing sight of the end: an exact representation of the architectural organism.

A communication structure, therefore, to be true, it must use the more strictly conventions and codes, and these, in the case of the design, stem by projective own rules of descriptive geometry. However, even these codes, allowing some margin of freedom; for example, you can opt for the use of several representative methods: axonometry, perspective, orthographic projections. The communication structure is consequently not so rigid as not to allow over time some subtle yet significant changes.

The choice of representative methods, the cut, the treatments appear to be inextricably linked to the corresponding architectural outcomes, the technical style of representation, perspective cut, size, graphic, are able to witness the intentions rapresentre intellectuals of the authors. As with other types of language, such as verbal, you can convey what you know and at the same time you know what that is transmitted according to a virtuous process of gradual awareness: such as when an exchange of views arises an extended period of knowledge, the execution or observation of a design moves the level of knowledge and promote richer graphics and conscious expression.

If we try to represent, an object in memory commonly used with a moderate level of complexity, we assume a bicycle for example, we would realize that even knowing all the parts that compose it, maybe we would not be able to define its exact forms the same components, their sizes, their proportions, the method of aggregation of the same. The bicycle, as well as any building, must respond -albeit with very different degrees of complexity- to a series of requirements such as functionality, stability and, hopefully, beauty. But in both cases, if you just watched, and not seen, and then analyzed and processed, can hardly be represented according to standards meeting the real features.

In this regard the use of the design becomes very important. The opportunities offered by the analytical design are endless, and the ability to analyze a building "retracing" such as the Vitruvian triad: *utilitas, stabilitas* and *venustas*, allows us to operate a series of selective representations taking it to a level less complex. Once isolated the various components for homogeneous systems (for example that of the functionality) will be possible to identify a number of subsystems up to the identification of the individual part, in this case the individual functions. Again with the design, through the use of its communication equipment, we can, once disassembled, reassemble the artifact checking reports any inaccuracies or ambiguities. The product subject to "drawing" at this point becomes no longer a container comprising a neutral, objective reality, comparable to that which is imprinted on a photographic film, but a subjective image, "filtered" from the operator's intentions (Fig. 3).

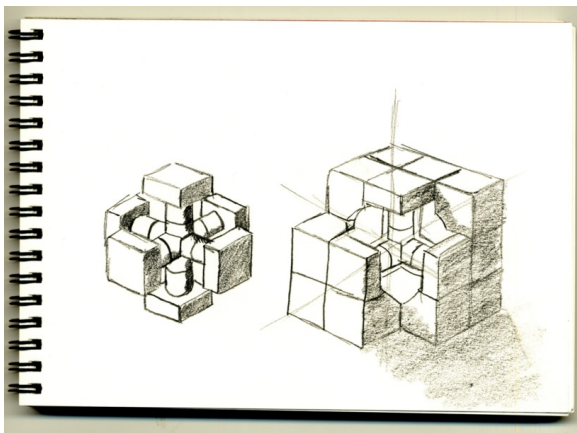


Fig 3. Course works. 2011/12. Course in Civil Engineering, Faculty of Engineering, "Sapienza" University of Rome.



This opportunity featured of drawing-architecture, is clearly useful both during the study of an existing architectural reality, that in the design phase.

The graphical illustration of a phenomenon related to any architectural practice to be communicated and understood requires a series of two-dimensional representations (plans, sections, elevations) and three-dimensional representations (axonometric and perspectives) working synergistically with each other depending upon the issues addressed and by instances of communication (Figs. 4-5).

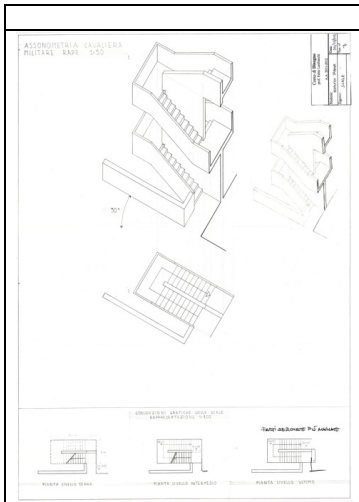


Fig 4. Course works. 2011/12. Course in Civil Engineering, Faculty of Engineering, "Sapienza" University of Rome.

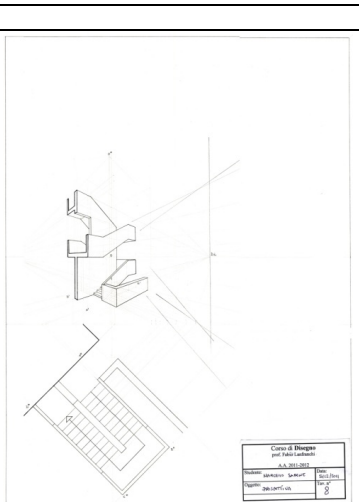


Fig 5. Course works. 2011/12. Course in Civil Engineering, Faculty of Engineering, "Sapienza" University of Rome.

The coexistence of two "kinds" of representation is a constant that characterizes the entire design process, from early concept phase to final design. At the three-dimensional graph is generally delegated to approach the physical reality of the idea, the first "contact", even iconographic, and still virtual idea. In the particular field of three-dimensional representations can first make a distinction of the same into two groups: the axonometric, and perspective. Without going into the specific nature of Descriptive Geometry, we can only define these representations as being capable, with different methods and outcomes, streamline analog images of the actual physical space or design. The difference between the processed images using the two different methods of communication lies in the different opportunities that each method offers: a perspective image offers a rationalized perception of real space, the axonometry view offers an image of the objective space, or, as the defined at the beginning of the exponents of rationalism neoplastic movement, universal.

Regardless, however, by particular choices of expression, the opportunity to choose between the two methods depends on the type of communication graphics: the representative results, because of the different nature of the two projective models, never overlap, the three-dimensional view is almost always preferred examples of technical and analytical perspective as the perspective representation of physical space.

Both methods offer a wide range of analytical opportunities allowing the "manipulation" of the investigated area, just think of the "split" or the "exploded" axonometry or perspective, useful representative models of complex realities.

But at the same time, the feasibility of an architectural work can not be certain leave aside the two-dimensional graphs, governed by the laws of double projective orthogonal projections, as well as allowing the exact geometrical configuration definition these projection let the measurability of the project. Plans, sections, prospects –the more abstract graphic models- paradoxically becomes the real way for the physical realization.

The complete and accurate communication of any kind of architectural structure, which is designed or observed, winds through a speech declaring the hierarchy attributed or attributable to various factors and parameters that compose it. A speech that should be clarified by means of a continuous narrative between perceptual and objective representation, adapted according to the different values expressive of different scales of representation. A fundamental operational methodology to a proper articulation of words in the expressive design language.

Of no less importance, especially in training, the role of architectural representation of reality aimed at graphic communications. The result graph of a sketch or a drawing from landscape –for example- must necessarily be structured according to a rationalization of the perceived image, which must represent a spatial condition emulated not passively, but controlled, streamlined, subjectivized. The image to be processed, must first be "decomposed" into discrete and homogeneous systems, which is necessary to understand structures and

relationships, and only then drawn as a transposition of the intentions of mind rather than "representation" of reality.

In this regard, the design is the natural "instrument" to implement this methodology. The analytical opportunities carried out by means of the design has certainly not limited only to the field of three-dimensional representation, albeit with very different outcomes of such a system can be used against any subject related to architectural practice, these opportunities offer possibility, for example, to allow the rupture of a complex phenomenon in its components at the same time identifying the valences aggregative; to the drawing is certainly attributed this prerogative precisely by virtue of its "partiality". "Partiality" which must be taken as ambivalent in the sense to mean both quantitative and qualitative limit to the extent as compared to the reality represented, both as a process "of the" non-neutral, biased and, as such, also selective.

Once you make a choice about operational issues to be addressed and then highlight, it's important to build a communication device, with a fair degree of synthesis, which enables - at the same time- an intuitive and explanatory of the arguments treated.

THE MATERIAL MODEL AS EXTENDED GRAPHICS PROCESSING. *(1)

The didactic approach adopted provides for the realization of the model material to the graphic representations of traditional artifacts, made especially with the method mongiano which, although was the method of representation that you can not avoid during project and architecture survey, has intrinsic characteristics of abstraction and therefore is not for the student to immediate comprehension and reading. In the orthogonal projections, as in all other methods of representation, is subtended the process of projection and section, but in this case the object of representation, unitary, complex, three-dimensional is decomposed and represented by at least two of its projections on different planes and then reassembled through a mental process. It just this process of decomposition and recomposition which is not easy to understand for young students the first year.

In educational to create "models materials or machette" proves a useful tool in the learning process of architectural reality. But so that the model material is proved very useful to the understanding of the work to be carried out, or to be analyzed or existing, its implementation can not and must not limited merely to the casing it, conversely, the model must be realized in such a way as to enhance its internal structure with the aim of contributing to the understanding of the own shape, structure and function of the entire complex, embedded in environment. Only then can the model designed to offer the student the opportunity to acquire a sense of space and form that is critical to be able to "see" through the eyes of the mind. And it's 'to add, that the realization of the model material, such as three-dimensional development of two-dimensional graphs (eg, plans, sections, elevations), as a result of a process of synthesis and processing, is a study tool for monitoring and verification of the architectural idea(Figs. 6-7-8).

The material model, with its three-dimensional concrete made manifest in the eyes of the observer - it is the designer, developer, or as in our case, the student-virtual spatiality of an architectural project, which otherwise would be left only to the design of two-dimensional support. The "machette" represents the architecture considered appropriate scale, be it "in progress" and it already exists. Among the many features inherent in the "machette" there is its materiality that offers the opportunity to walk around, touch it, open it, take it apart to reflect, understand, analyze, modify it, improve it.

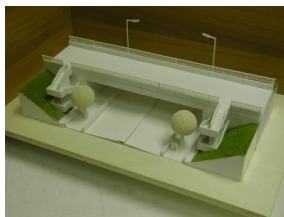


Fig 6. Course works. 2011/12.
Course in Civil Engineering,
Faculty of Engineering,
"Sapienza" University of Rome.



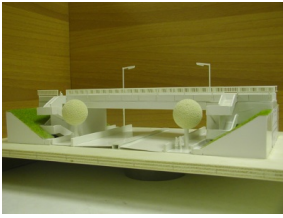


Fig 7. Course works. 2011/12. Course in Civil Engineering, Faculty of Engineering, "Sapienza" University of Rome.

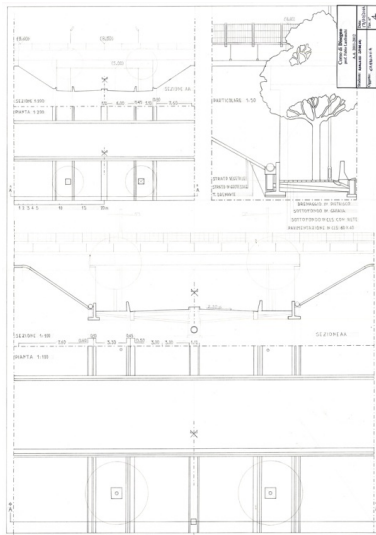


Fig 8. Course works. 2011/12. Course in Civil Engineering, Faculty of Engineering, "Sapienza" University of Rome.

On the other hand, it is no coincidence that the material model -that is rooted in the very distant from our time- still represents a useful tool for the verification of a project, useful for the understanding of an existing building and use a nature trail.

Over the centuries, to design and implement the architectural, engineers and architects have always used models to simulate the artifact to test before implementing static operation, functional and aesthetic work.

In support of the role played by the material model over time, it shows part of a quote extracted from "De re aedificatoria" by Leon Battista Alberti, dating from 1485: "... I must say that very often it occurred to me to conceive works in ways that at first seemed to me very accurate while, but once drawn revealed errors, and serious, more precisely in the part that I liked, then back again with meditation on what I had drawn, and by measuring the proportions, recognize and deplore the my carelessness, and finally, having made the models, often examining partitamente items, I realized that I was wrong in relation to its position, the delimitation of the area, the number of building parts and their arrangement, the shape of the walls, the strength of the shell ..."

Even Antonio Gaudi, the use of material models is primarily a real-static formal model verification during the design process. The model fits essentially Gaudi in the creative phase in which only the design is inadequate and insufficient to represent its hypotheses space is particularly complex, just think of the funicular model study for the chapel of Santa Coloma Colony Guell in Barcelona. Christian de Portzamparc, often claims to use the "mchette" as support for research, and still firmly believes that this should be classified "as a form of drawing in space".

It is an expressive instrument clarifier, which is complementary to the graphical representation and virtual representation capable of showing, in a ratio scale, such an architectural work already carried out a planned but never realized, or as the dome of the church of S. Ignatius of Loyola in Rome, that a project idea in the course of evolution. In practice the model material keeps unchanged its peculiarities, to the point that prominent designers, rely on this means of expression the result of their passionate research is the case with many architects among which include but not limited to architects Bob Krier, Mario Botta, Zaha Hadid, Frank O. Gehry, etc.

Today, computer technology, ever-changing and hectic evolution to make programs obsolete equipment in a very short time allows, in our particular field, the creation of digital models from the aspect of perception that aim to replace the traditional "mchette".

We strongly believe that the peculiarities and potentialities of the two models found a perfectly complementary, each with its own characteristics, allowing to communicate the project so that the architecture designed in a different form together contributing to a better and different definition and communication of 'architecture. That 's why I feel strongly share the definition of Prof. Barlozzini model as a means of representation "as much as current archaic" because its expressive effect was maintained over time surviving with force and dignity even in the computer age.

CONCLUSIONS:

As the new forms of expression digital graphics allow, among other things, the construction of maquettes particularly attractive and of great communicative effect, it is believed fair to say that the same expression generated is limited in most cases, the transmission of the only significant rather of meaning. To achieve the construction and management of digital models that are representative of the architecture -understood as a synthesis of form, structure and function- we believe that the teaching of Drawing (instrument and irreplaceable

tool for understanding and communicating architecture) is inappropriate from drawing digitally, but you should come to this, only after careful consideration of the traditional drawing and its contents.

A drawing therefore, that do not leave the usual methods of descriptive geometry acquired and time encoded, a drawing integrated by the model of material which allows a first approach to the of representation scale of architecture and/or the infrastructure. A design that make people think about issues of content-related conventions and graphics codes.

The drawing is a language and as such exercises a function in the active process of understanding, interpretation and proposition of making the structure built. An appropriate use of the design allows you to see, interpret, analyze, discretize and represent the reality that surrounds us, assessing aspects metric geometry, matrices, proportions, references. Drawing thus be understood not only as a set of techniques and tools useful to represent what is known completely, but mainly as a process to move progressively to the level and specificity of knowledge.

*This essay is the result of scientific collaboration of the two authors who share the responsibility. The paragraph marked (1) was prepared by Laura Carnevali, the paragraph marked (2) was prepared by Fabio Lanfranchi. Of both of them is instead writing of introduction, objectives and conclusions.

Course works performed by: Marco Cecere, Francesco Rossi, Marcello Sabene Marcello e Michela Sergio.

Referencias bibliográficas

Barlozzini, P, Tomassi, F 2003, *Dal modello grafico al modello virtuale*. Kappa, Roma.

Ching, F D K 1998, *Costruire per illustrazione*. Calderini, Bologna.

Cundari, C, Carnevali, L (a cura di) 1997, *Il Laboratorio di Disegno dell'architettura*. Kappa, Roma.

Cundari, C 2006, *Il Disegno. Ragioni. Fondamenti. Applicazioni*. Kappa, Roma.

Cundari, C, Carnevali, L, Martone, M, (a cura di) 2008, *Il Laboratorio di Disegno dell'architettura*. Kappa, Roma.

Docci, M (a cura di) 1983, *Disegno e analisi architettonica*. Roma.

Docci, M 1988, *Disegno e analisi grafica*, vol. II. Laterza, Roma.

Munari, B 1983, *Design e comunicazione visiva. Contributo ad una metodologia didattica*. Laterza, Roma.

Testa, G 1997 "Disegni e progetto, metodi e tecniche in funzione del progetto". In Cundari, C, Carnevali, L (a cura di) *Il Laboratorio di Disegno dell'architettura I*. Kappa, Roma.

Zevi, B 1949, *Saper vedere l'architettura*. Einaudi, Torino.



COORDINACIÓN DESDE LA GEOMETRÍA: UNA EXPERIENCIA DE INNOVACIÓN DOCENTE ENTRE DIBUJO Y MATEMÁTICAS

Enrique CASTAÑO PEREA
Manuel de MIGUEL
Alberto LASTRA

Universidad de Alcalá
Departamento de Arquitectura

Abstract:

We started this year an experience coordinating teacher for the subject of Taller de Dibujo II (Drawing II) at the School of Architecture of Alcalá.

With the implementation of the EHEA grade was raised not to continue teaching the subject of drawing in the same way as was traditionally done, keeping in mind the introduction of new technologies forced to take up the matter from other parameters. Therefore it was decided to integrate in single subject disciplines of Mathematics and Drawing Geometric, where teachers of both disciplines must be coordinated to organize teaching. We believe that the experience of teaching innovation has had many positive elements, but are under review to refine coordination of contents and the perception of students who understand the points that have been corrected. This communication presents both the theoretical framework and the results of the subject as changes in the programming we're doing.

INTRODUCCIÓN

Los ejercicios que se desarrollan desde la titulación de arquitectura e ingeniería deben afrontar el concepto de la forma de manera inevitable. Hay muchas maneras de aproximarse al concepto formal. En este momento hemos considerado interesante centrar la atención sobre un aspecto del problema general de la forma, el que contempla la relación entre la influencia de la tradición y la voluntad de innovación, o entre lo que caracteriza una forma como perteneciente a un patrimonio cultural, y aquello que emerge, nuevo y original, entre lo que se puede desarrollar.

Para un análisis formal partimos de modelos conocidos, basados en figuras sencillas, formas planas, poliedros, superficies, etc. Para continuar profundizando en muchos otros elementos que la forma nos ofrece: relaciones, proporciones, series, tipos, pliegues... Para concluir centrándonos en alguna de esas propiedades que permite una transformación inesperada.

No nos interesa quedarnos en aquello que simplemente salta a la vista de la forma de un objeto. Tratamos de analizar cada objeto según lo que se llama el esqueleto estructural de la forma (Arnheim 2002). Este tipo de análisis sobre la estructura interna está directamente relacionado con la geometría.

El modelo que permite pasar del esquema formal-geométrico al esqueleto estructural de la forma es un proceso que resultará muy útil al diseñador si aprende a vincular cada forma y su significado intrínseco, independizándolo temporalmente de asociaciones culturales o artísticas. De esta manera el trabajo formal se realiza a un nivel más profundo y libre, abriendo nuevas posibilidades de configuración.

La base de este trabajo que presentamos aquí se basa en trabajar en un grupo de autores, arquitectos e ingenieros, que tienen en común la búsqueda expresa de la forma en la creación de sus objetos, y que para llevarlos a cabo no dudan en convertirse en empresarios o desarrollar métodos propios de construcción y comprobación. Son técnicos cuyas aportaciones han tenido un carácter innovador y han provocado la imaginación de muchos artistas y científicos en todo el mundo. Nuestra principal hipótesis es que han desarrollado buena parte de su trabajo sobre las características intrínsecas de los objetos como formas, y esto ha permitido, posteriormente, llevar al límite las posibilidades expresivas de la materia. Lo más llamativo es esto último, pero la innovación parece estar más en las labores previas. A menudo dicha búsqueda de la forma se produce siguiendo la intuición del autor, aunque una adecuada base teórica y un sólido conocimiento de la técnica y tradición constructivas parecen ser condiciones necesarias en la conclusión de resultados importantes. (Do Carmo, M. (1995), Roanes, E. (1999) y Pottmann H., et al (2007)).

OBJETIVOS

Con la implantación del grado en la Escuela de Arquitectura de la universidad de Alcalá nos planteamos el realizar una nueva experiencia de coordinación docente dentro de la asignatura de Taller de Dibujo II. Esta asignatura, que se imparte en segundo curso del grado en fundamentos de arquitectura, asume muchos de los contenidos que tradicionalmente se habían impartido de geometría descriptiva avanzada y en dibujo arquitectónico. Es decir temas como las superficies regladas y de revolución, la representación de volúmenes, sombras, desarrollos, transformación de piezas, etc. Además entre las necesidades que nos planteábamos estaba la necesidad de la utilización de los ordenadores como herramientas de dibujo. Durante el primer año

las asignaturas de dibujo se habían centrado en el conocimiento del espacio y de las herramientas tradicionales de lápiz papel carboncillo, etc... Ahora queríamos que el alumno introdujera con naturalidad las herramientas digitales como parte de su bagaje comunicador.

A parte la dirección lanzo el reto de interactúa con la asignatura de Matemáticas que se estaba reestructurando dentro del nuevo grado, y por tanto se asumió que la nueva asignatura híbrida entre Dibujo y Matemáticas que debería sustentarse en los siguientes conceptos

- Metodologías activas
- ABP
- Trabajo en equipo
- Coordinación de asignaturas
- CAD-CAM,
- Coordinación de profesorado
- Presentaciones.
- Maqueta. Físicas y virtuales.

CONTENIDO

La asignatura "Taller de Dibujo II", como asignatura compartida por las áreas de Matemáticas y Expresión Gráfica Arquitectónica, debió ajustar sus objetivos de forma que fueran comunes a ambas, dirigiendo la asignatura hacia una unidad en cuanto a contenidos y a objetivos a alcanzar. Por otro lado, la asignatura debía suplir las posibles carencias provocadas por la implantación del nuevo Grado en Arquitectura en la Universidad de Alcalá, en la que se hace un ajuste de las horas presenciales del alumno.

La asignatura se ha organizado en concordancia con las normas establecidas dentro del nuevo Espacio Europeo de Educación Superior, estableciendo unos objetivos desarrollados a partir de competencias y la coordinación del profesorado. Bajo estas premisas los objetivos marcados fueron los siguientes:

- Capacidad para manipular los objetos geométricos a favor de formas arquitectónicas.
- Obtener un conocimiento teórico fundamentado de los conceptos matemáticos que soportan las ideas gráficas.
- Conocimiento de los objetos geométricos básicos.
- Dominio de las técnicas gráficas informáticas, así como la incorporación de nuevas herramientas para la creación arquitectónica (como software matemático *MAPLE*, *Rhino*, *Grashoper*) de forma coordinada a las metodologías utilizadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura.
- Capacidad de extrapolación de los conocimientos matemáticos adquiridos a la realidad arquitectónica, incluso de diseñar nuevas creaciones a partir de éstos.

Cabe destacar además la aparición de ciertas competencias genéricas a desarrollar, como son aquellas ligadas a las habilidades gráficas asociadas a técnicas informáticas, a partir de un fundamento matemático intrínseco, las habilidades de investigación que cada uno de los alumnos desarrolló en torno a un tema relacionado con los contenidos del curso, el trabajo en equipo, presentación oral y escrita, búsqueda bibliográfica, etc...

El curso comenzó con una mayor concentración de la docencia de la parte de Matemáticas. Esta elección se toma con vistas a que los alumnos puedan aprovechar los conocimientos teóricos de naturaleza matemática a lo largo de toda la asignatura. De forma concisa, los contenidos matemáticos versaban sobre temas clásicos de geometría diferencial: estudio de curvas planas y alabeadas, estudio de superficies regulares y aplicación en cónicas y cuádricas. Para la parte de dibujo, desarrollada posteriormente, estos conocimientos se ponen en práctica en las entregas realizadas periódicamente por los alumnos. Para las clases de teoría, la división de horas se realizó equitativamente, correspondiendo 9 horas de clases teóricas presenciales por cada una de las dos áreas implicadas: Matemáticas y Expresión Gráfica Arquitectónica. En estas clases teóricas se llevó a cabo una metodología basada en la clase magistral participativa.

El bloque principal de contenidos generales de la asignatura se dedicó a la representación de la arquitectura y la ciudad mediante técnicas informáticas:

1. Representación de líneas y superficies parametrizables.
2. Análisis y modelado de geometrías complejas.
3. Modelado y simulación 3D: maquetas virtuales. Representación de la arquitectura y la ciudad mediante técnicas informáticas.
4. Renderizado: luz, color y materiales. Animaciones.

En cuanto a la parte de Dibujo de la asignatura, los contenidos se centran en el estudio de:

1. Superficies. Cono, cilindro y esfera. Bóvedas. Operaciones booleanas.
2. Recordatorio de poliedros. Sombras e iluminación. Proporciones.
3. Geodas. Estructuras de barras de grandes luces.
4. Superficies cuádricas. Paraboloides e hiperboloides.



5. Superficies regladas. Helicoides. Capialzados. Conoides.
6. Empaquetamientos.
7. Aplicación de materiales.
8. Renderizado y animación.

Las clases de prácticas presenciales de la asignatura (15 horas por área) se concibieron de forma que los conocimientos matemáticos y arquitectónicos convergieran. La llave de la asignatura se encuentra en las aplicaciones informáticas utilizadas. Para la parte de matemáticas, las clases de prácticas se enfocaron en torno al conocimiento del software matemático *Maple*. Su elección se hizo en base a la capacidad de este programa de interactuar con programas de uso frecuente en la parte de dibujo de la asignatura, como es *AutoCAD*. De esta forma, los alumnos fueron capaces de realizar el dibujo de curvas y superficies a partir de sus parametrizaciones con *Maple*, para posteriormente hacer uso de ellas en la parte de dibujo. En ciertos casos, el paso por los programas matemáticos para terminar en *AutoCAD* no puede ser obviado, y es necesario, ya que ciertas curvas y superficies no pueden ser generadas con programas de dibujo de forma sencilla, pero sí a partir de sus ecuaciones matemáticas, como es el caso de una curva cicloide, presente en obras arquitectónicas como el Kimbell Art Museum, ubicado en Texas, cuyas bóvedas están compuestas por este tipo de curva geométrica.

Posteriormente se trabajó desde la disciplina de dibujo con clase de representación utilizando programas informáticos como el *Rhino*, *3d Studio*.

El curso finalizó con un trabajo en el que los alumnos debían hacer una investigación sobre un tema de entre más de 100 propuestos por los profesores. Todos los temas buscaban la conexión entre las matemáticas y el dibujo, como: trabajos sobre obras concretas como el estudio de mercado de abastos de Algeciras, la catedral de Brasilia, el palacete del deporte de Pier Luigi Nervi, etc... También trabajos sobre autores como Le Ricolais, Escher o Gaudí; o trabajos dedicados a técnicas concretas como el estudio de los fractales o las estructuras de tensegridad. Los objetos matemáticos aparecen de una u otra manera en numerosas obras arquitectónicas, destacando las cúpulas geodésicas de Pérez Piñero o de Buckminster Fuller, los hiperbolooides de Antonio Gaudí o Eduardo Torroja, los paraboloides de Félix Candela o Miguel Fisac y otras estructuras de geometrías complejas como sería el caso de obras concebidas por Saarinen, Freyssinet, Pier Luigi Nervi, Javier Manterola, Jorn Utzon o Frei Otto. También se quiso prestar atención a teorías geométricas innovadoras como las de Robert Le Ricolais y tan actuales como las obras de Cecil Balmond, Marc Fornes o Marcos Novak.

Los alumnos debían desarrollar una investigación del tema propuesto, un estudio matemático-geométrico relacionado con el tema y una innovación al respeto.

La fase final de cada ejercicio consistió en el análisis de los contenidos y la elaboración de conclusiones. Todo ello se recogía en un documento gráfico que permite una evaluación unitaria.

Siendo conscientes de la dificultad que entrañaba conseguir una asignatura homogénea, los profesores de la asignatura llevamos a cabo un proyecto de investigación docente en la Universidad de Alcalá, realizando reuniones periódicas que fomentaban la comunicación entre las dos áreas implicadas,...

Por último, cabe señalar que el uso de la plataforma virtual Blackboard potenció la asignatura: almacenamiento del material que se iba aportando al curso, discusión de temas relacionados a través de foros de participación, etc...

CONCLUSIONES

A modo de conclusiones exponemos las reflexiones sobre la experiencia docente desde el punto de vista de la metodología de enseñanza-aprendizaje. Estas las diferenciamos desde una doble vertiente, el profesorado y el alumno.

El profesorado

- Hemos realizado una experiencia que ha supuesto una innovación tanto para la asignatura como para la escuela de arquitectura de Alcalá donde la implantación del EEES está dando sus primeros pasos.
- La experiencia ha tenido dificultades de implantación debido a la falta de rutinas de trabajo no dirigido, tanto por parte de los alumnos como de los profesores. El alumno sigue teniendo una actitud en muchas ocasiones pasiva ante la transferencia de conocimiento, y debemos ser proactivos en cambiar esa inercia.
- Uno de los mayores dificultades con las que nos encontramos es la coordinación los profesores, el profesor universitario necesita mayor entrenamiento para la coordinación efectiva de su docencia. La coordinación se basa fundamentalmente en la generosidad de los participantes y la empatía. Es decir ponerse tanto en la posición del otro profesor y del alumno. Y enfocar la docencia desde esa premisa. Evidentemente exige un esfuerzo mayor al profesorado pero redundante en el buen aprendizaje.

- En este aspecto de la coordinación es importante asimismo el conseguir que el alumno lo entienda como una sola asignatura, dado que su inercia le dirige a *aprobar* las matemáticas y luego el dibujo. Son los menos los alumnos que tienen una visión interdisciplinar del tema.
- De las dificultades de coordinación lo más fácil es la no-coordinación, es decir, que uno de los profesores controle la totalidad de la asignatura y sea el único que asuma el control de la asignatura. Esta circunstancia que desde la coordinación es óptima puede ser empobrecedor ya que no debemos olvidar que estamos en una enseñanza superior donde se debe buscar la mayor especialización del profesor para que imparta una docencia específica.

El alumnado

- Desde el punto de vista del alumno, la experiencia ha supuesto una nueva forma de afrontar su aprendizaje a partir del desarrollo de competencias. Ya que el aprendizaje ha sido más autónomo, e integrador, y se ha centrado en desarrollar métodos de trabajo, que serán aplicables a otras asignaturas o disciplina.
- Los resultados obtenidos han sido satisfactorios, evidentemente mejorables debido a los desajustes de origen pero la experiencia se ha demostrado muy válida.
- Específicamente queríamos destacar el desarrollo de las competencias genéricas, como responsabilidad, trabajo en equipo, planificación, y sobre todo búsqueda de información y presentación oral y escrita.

Para concluir, presentamos un ejemplo simplificado que permita aclarar la dirección seguida a lo largo del curso al estudiar una obra arquitectónica, sus elementos matemáticos, etc...

El Kimbell Art Museum (Fort Worth, Texas. 1972) de Louis I. Kahn es un edificio de conocida complejidad geométrica. En la figura 1 se tiene una vista real del museo (fuente: Wikipedia.org). El techo del museo está formado por bóvedas que resultan ser cada una de ellas una superficie cilíndrica, cuya directriz es la curva geométrica conocida como cicloide. A partir de las ecuaciones de una cicloide es relativamente sencillo escribir el código Maple necesario para dibujar el techo del museo y exportarlo a AutoCAD. Como muestra de la necesidad de complementación de las dos áreas, es importante señalar que no es posible dibujar una curva cicloide con un programa de dibujo al uso de forma sencilla.

Se puede observar el resultado de la construcción de las bóvedas realizada con Maple (figura 2).



Fig 1. Imagen de Kimbell Art Museum. *Plataforma Arquitectura*. Web. 2012



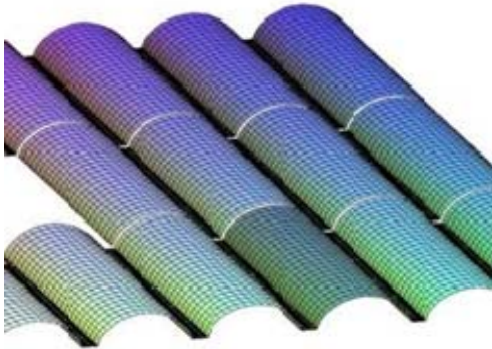


Fig.2. Dibujo realizado por Mapple. 2012.

El siguiente código Maple se utilizó para la parametrización y posterior dibujo de una de las bóvedas. Es sencillo construir el resto a partir de algunas transformaciones afines.

```
>M:= 10.84: E:=0.5;
>g1:=plot3d([t-sin(t),s,1-cos(t)],t=0..2*Pi,s=-M..M,scaling=constrained):
```

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arnheim , R. (2002).Arte y Percepción visual . Primera edición.1954. Madrid .
 Do Carmo, M. (1995). Geometría diferencial de curvas y superficies. Alianza Editorial.
 Roanes, E. (1999). Cálculos matemáticos con ordenador con Maple. Editorial Rubiños.
 Pottmann H., Asperl A., Hofer M. y Kilian A. (2007). Architectural geometry, Bentley Institute Press.

ANEXO 1 Ejemplos de los resultados de los trabajos finales realizados por los alumnos.



Fig. 3 Dibujo realizado por la alumna Andrea cuevas Calvo. Taller de Dibujo II , Curso 2011-12. UAH.

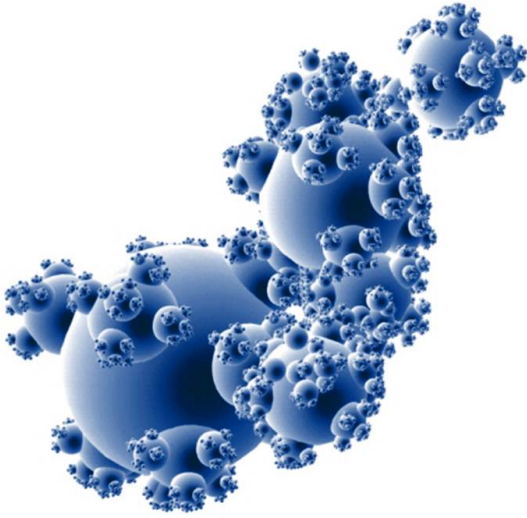


Fig. 4 Dibujo realizado por la alumna Victoria García García. Taller de Dibujo II, Curso 2011-12. UAH.

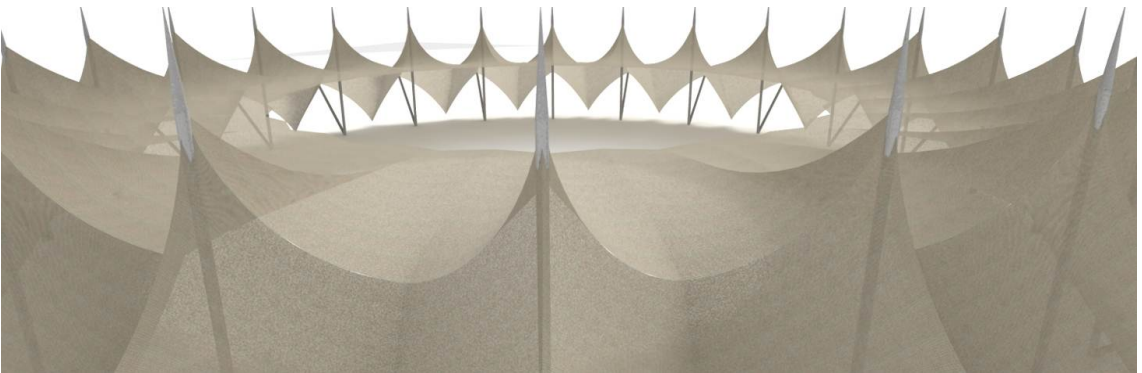


Fig. 5 Dibujo realizado por la alumna Carolina Garcia Doncel Taller de Dibujo II, Curso 2011-12. UAH.



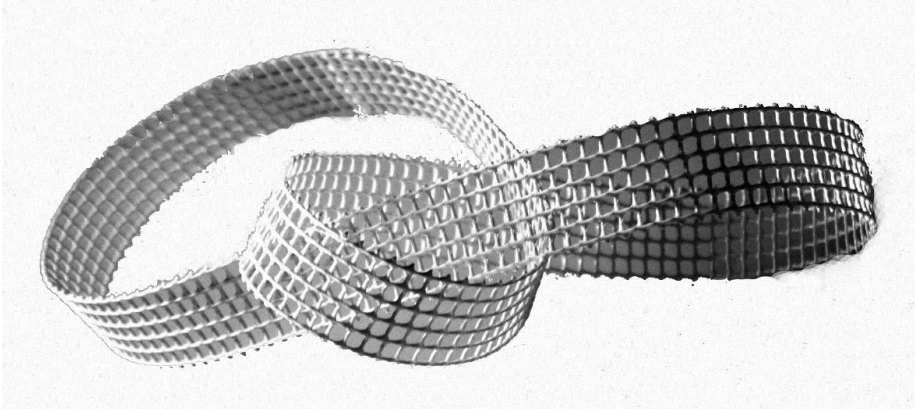


Fig. 6 Maqueta y presentación realizado por la alumna Laura Arenal González. Taller de Dibujo II, Curso 2011-12. UAH.



Fig. 7 Maqueta y presentación realizado por la alumna Marta Fernandez García. Taller de Dibujo II , Curso 2011-12. UAH.

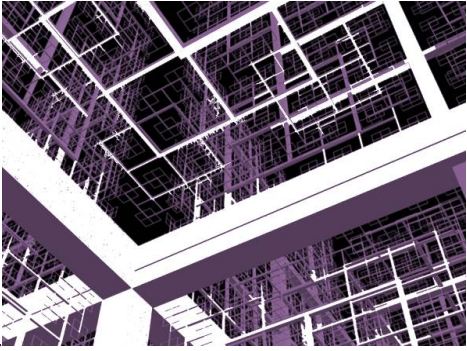


Fig. 8 Dibujo realizado por la alumna Victoria Garcia Garcia. Taller de Dibujo II , Curso 2011-12. UAH.



"NEW STRATEGIES IN THE TEACHING OF TECHNICAL PROJECTS IN BUILDING ENGINEERING"

María del Rosario CHAZA CHIMENO
Isabel GALVÁN LÓPEZ

University of Seville.

Technical School of Building Engineering, Department of Graphical Expression and Building Engineering.

Resumen

Dentro de las funciones que el Arquitecto Técnico e Ingeniero de Edificación puede desempeñar en el ejercicio de la profesión liberal, al amparo de los contenidos de la Ley de Atribuciones 12/1986 y la Ley de Ordenación de la Edificación 38/1999 (L.O.E), se encuentra la de realizar Proyectos Técnicos, entendiéndose como tales, aquellos cuyo objeto no requiera de la redacción de un Proyecto arquitectónico (grupos a y b de la L.O.E), para lo cual no se requiere la intervención de otros profesionales.

La presente comunicación pretende analizar las innovadoras estrategias docentes implementadas durante el primer curso de su implantación en el grado de Ingeniería en la Edificación, partiendo de los principios de la evaluación continua y la puesta en marcha del sistema de aprendizaje basado en la resolución de problemas denominado PBL (Practice Based Learning).

INTRODUCTION

The subject "Technical Projects I" is a core subject of the Degree in Construction Engineering currently teaching at the University of Seville in his third year (fifth semester), which aims to equip students with those tools and knowledge necessary to practice the profession as writer and director of technical projects within the framework of current legislation.

These projects require for their proper development of a preliminary surveying, the application of theoretical content, design criteria, spaces, routes, uses, facilities, materials and adaptation of the regulations enforceable.

TARGETS

Being a newly created course, within the scope of the Bologna Process, it has been chosen an innovative learning system to be implemented, based on the principles of continuous assessment, which are put in place and strategies that favor at all times the following item:

1. Development and acquisition of skills
2. Continuous assessment and personalized
3. Active participation of students in practical classes through the public presentation of the various proposals
4. Learning System PBL (Problem Based Learning)
5. Positive attitude to teamwork
6. Generation of "brainstorming"
7. Promote discussion and constructive criticism exposure.
8. Implementation of innovative solutions and excellence in the preparation and presentation of the graphic documentation of the technical project.

CONTENT

The didactic classroom intervention will focus on the use of methodologies that encourage student participation in the learning process and help them develop strategies to continue learning throughout their lives.

The new model focuses on the development and acquisition of competencies and learning outcomes by the students, global and continuous evaluation of student learning, the Integration of work-based learning (WBL). The key methodology is Problem-Oriented Project Based Learning (POPBL) where different subjects with equal learning outcomes are integrated. The evaluation of the student learning will be continuous during the semester, and the feedback to the students will constitute an important part in the acquisition of learning. A global evaluation of the achievements will be carried out at the end of the course (Zubizarreta, 2009).

The new model of teaching - learning proposed is based on the following criteria:

1. **Development and acquisition of skills** (cross-generic and specific) as well as learning outcomes compared to a model based almost exclusively on the learning of knowledge. The objective of training is

that students acquire skills that enable them to exercise their professional duties in the field of development of technical projects.

2.

Transversal competencies / generic TECHNICAL PROJECTS:
Ability to reason, discussion and presentation of ideas.
Ability to apply knowledge to work in a professional manner and possess the skills typically demonstrated through devising and sustaining arguments and solving problems within their area of study.
Ability to gather and interpret data to inform judgments that include reflection on relevant social, scientific or ethical.
Specific skills:
Ability to apply advanced tools necessary for the resolution of the parties that involves the technical and project management.
Ability to write technical projects and construction works, which do not require architectural and demolition projects, adequacy and decoration.
Ability to draft documents that are part of implementation projects developed in a multidisciplinary way.
Ability to analyze project performance and its translation to the execution of works.
Knowledge of roles and responsibilities of actors in the building and its professional or business organization. Administrative procedures, management and processing.
Knowledge of the professional organization and basic track procedures in the field of building and advocacy.

Fig 1. Transversal competencies / generic and specific "Technical Projects I". Year 2012. Source: Authors.

3. **Continuous assessment and personalized student** as key tools for assessing knowledge and skills. The assessment is part of the educational process of students.
4. Encourage **active student participation** and use of methodologies intensely active in the teaching-learning process. This type of learning methodologies requires certain changes in the traditional modus operandi of key players in the teaching-learning process, the teacher and student. Thus, the teacher becomes the facilitator and integrator of students in their learning process, guiding you at all times to achieve the training objectives expected promoting the self-critical and self-improvement and the desire to acquire knowledge and ability to work as a team.

At the same time, the teacher is the expert who solves doubts, clear processes, guides the student at all times of their learning.

These methodologies we favor the generation of appropriate environments or climates encourage initiative and freedom of opinion of students. This will generate in students a positive attitude toward learning and research, becoming conscious of their own learning objectives. On the other hand, favors the oral presentation of projects of different groups of students before their peers and active presence of the teacher, who, at all times guide, correct or inspire new solutions.

INITIAL KNOWLEDGE (Lectures)	SELF LEARNING (practical lectures)	SELF FEED (Search Bibliography)	PROGRESS OF KNOWLEDGE (Seminars)	EVALUATION (exams and test)	PERSONAL WORK (work-study)	TOTAL
5%	25%	3%	5%	2%	60%	100%
7,5 hours	37,5 hours	4,5 hours	7,5 hours	3 hours	90 hours	150 horas

Fig 2 Detailed list and temporary management of content. Year 2011. Source: Authors.

5. **PBL Learning system** (Problem Based Learning). The theoretical principles of learning with respect to central PBL are the following (Kolmos, 2004):

- Learning based on the formulation of a problem, where the problem is the starting point of the learning process.
- Based learning work groups, whereby most of the learning process takes place in groups and equipment. Implicitly also develop personal skills on how to manage cooperation processes.
- The relationship between theory and practice where students learn to relate practical experience with theoretical or empirical. The ability to link theory with practice is a crucial aspect in the application of knowledge especially in the capacity of analysis.
- The interdisciplinary orientation linked to a problem and the processes run by the participants. The solution to the problems must be accompanied by a multidisciplinary approach the problem from the specific



contribution of each team member according to their specialization.

The activity-based learning is a central part of the PBL learning process, since it requires the performance of an activity that is solved by the search processes, decision making and writing process. In our case, would materialize in the development of a technical project, which includes the following phases:

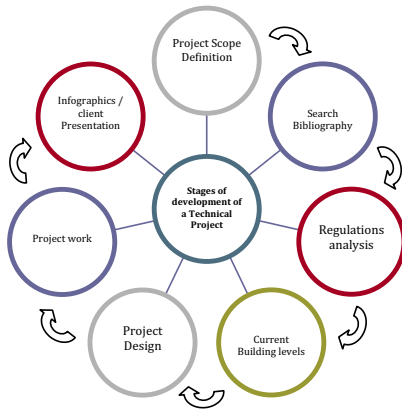


Fig. 3 Stages of development of technical project. Year 2012. Source: Authors.

- The experience-based learning is also part of the process led by the participants, where students take as a starting point their own experiences or interests.

6. **Positive attitude towards teamwork.**

Groups are generated from studies where students analyze the proposed projects. The teacher's role is to facilitate the learning process of students, or facilitate work and communication within the group. In the study group each student presents their work is discussed and the group discusses the activities to be performed next. Very often students plan their work so that those who are single are complementary and pooled; provide an overview of the subject matter.

7. Generation of "**Brainstorming**".

Brainstorming is the name given to a situation when a group of people meet to generate new ideas around a specific area of interest. Using rules which remove inhibitions, people are able to think more freely and move into new areas of thought and so create numerous new ideas and solutions. The participants shout out ideas as they occur to them and then build on the ideas raised by others. All the ideas are noted down and are not criticized. Only when the brainstorming session is over are the ideas evaluated.

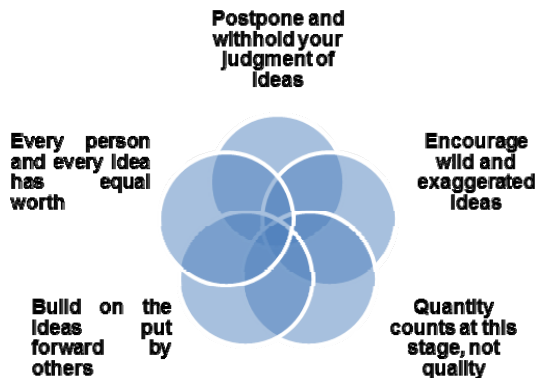


Fig 4. Brainstorming. Rules. Year 2012. Authors.

Rules of Brainstorming:

Rule 1: Postpone and withhold your judgment of ideas

Do not pass judgment on ideas until the completion of the brainstorming session. Do not suggest that an idea won't work or that it has negative side-effects. All ideas are potentially good so don't judge them until afterwards. At this stage, avoid discussing the ideas at all, as this will inevitably involve either criticizing or complimenting them. Ideas should be put forward both as solutions and also as a basis to spark off solutions. Even seemingly foolish ideas can spark off better ones. Therefore do not judge the ideas until after the brainstorming process. Note down all ideas. There is no such thing as a bad idea. The evaluation of ideas takes up valuable brain power which should be devoted to the creation of ideas. Maximize your brainstorming session by only spending time generating new ideas.

Rule 2: Encourage wild and exaggerated ideas

It's much easier to tame a wild idea than it is to think of an immediately valid one in the first place. The wilder the idea, the better. Shout out bizarre and unworkable ideas to see what they spark off. No idea is too ridiculous. State any outlandish ideas. Exaggerate ideas to the extreme.

Rule 3: Quantity counts at this stage, not quality

Go for quantity of ideas at this point; narrow down the list later. All activities should be geared towards extracting as many ideas as possible in a given period. The more creative ideas a person or a group has to choose from, the better. If the number of ideas at the end of the session is very large, there is a greater chance of finding a really good idea. Keep each idea short, do not describe it in detail - just capture its essence. Brief clarifications can be requested. Think fast, reflect later.

Rule 4: Build on the ideas put forward by others

Build and expand on the ideas of others. Try and add extra thoughts to each idea. Use other people's ideas as inspiration for your own. Creative people are also good listeners. Combine several of the suggested ideas to explore new possibilities.

It's just as valuable to be able to adapt and improve other people's ideas as it is to generate the initial idea that sets off new trains of thought.

Rule 5: Every person and every idea has equal worth

Every person has a valid viewpoint and a unique perspective on the situation and solution. We want to know yours. In a brainstorming session you can always put forward ideas purely to spark off other people and not just as a final solution. Please participate, even if you need to write your ideas on a piece of paper and hand it out. Encourage participation from everyone.

Each idea presented belongs to the group, not to the person who said it. It is the group's responsibility and an indication of its ability to brainstorm if all participants feel able to contribute freely and confidently.

8. Promote **discussion** and **constructive criticism** exposure.

Most times, projects are approached in groups of about five students. In these situations, students learn from each other and one of the teachers' main tasks is to promote discussion in and out of the groups. They also learn to work together, sharing responsibilities and tasks, to discuss and to take advantage of their individual abilities and skills, instead of competing for the highest marks. As projects must be solved by students, they develop active and participative attitudes (De Ureña, 2003).

9. Implementation of **innovative solutions** and **excellence** in the preparation and presentation of the graphic documentation of the technical project. Problem Based Learning (PBL) problems must be complex and have no unique solution. On the opposite, they must be flexible and allow different approaches. The final solution should be found throughout discussion, alternative testing, failure and success, improvement and correction of previous solutions, instead of finding solutions in a straight and unique way.

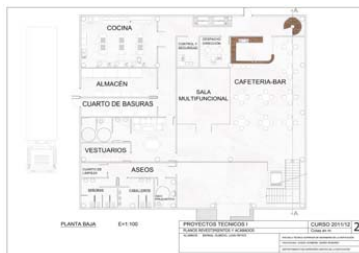


Fig 5. Technical Project I Example. Ground Floor. Year 2012. Seville. ETSIE.



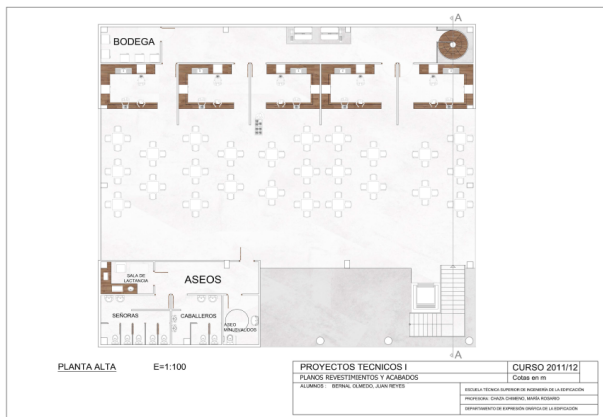


Fig 6. Technical Project I Example. First Floor. Year 2012. Seville. ETSIE.

CONCLUSIONS

Most Spanish Universities under Bologna process in their degrees are starting to consider the introduction of PBL in substantial parts of their curricula. To reach the best academic results, it's critical not only to provide adequate spaces and facilities (computers, library, etc.), but also it's necessary to consider a change in traditional ways of teaching. This paper aims to analyze the implementation of new teaching strategies introduced in the Technical Projects I course, during their first year of the new Degree of Building Engineering at the University of Seville, based on the criteria of the PBL Learning. The results obtained after completion of the corresponding academic period, have been very favorable, not only from the pass rate point of view, but in the comprehensive training, technical, specialized yet interdisciplinary for the students.

REFERENCES

Kolmos, 2004, "Strategies to develop curricula based on problem formulation and organized on a project basis", Aalborg University, Denmark.

Ureña, Menéndez, Coronado, 2003, "Project/Problem Based Learning in Civil Engineering: the Ciudad Real (Spain) Experience", Valencia, Spain.

Zubizarreta, 2009, "Design Engineering Degrees and implementation model in Mondragon Unibersitateat", Spain.

LA PROYECCIÓN CÓNICA APLICADA A LA RESTITUCIÓN 3D DE ELEMENTOS ARQUITECTÓNICOS A PARTIR DE FOTOGRAFÍAS

Juan CISNEROS VIVÓ
Pedro CABEZOS BERNAL

Universitat Politècnica de València
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica

Abstract

This paper discusses how to approach the study of perspective projection, oriented towards restitution of architectural elements from photographs, also will extend to projective transformations to obtain orthophotos and perspective corrections. Virtual project integration in its real environment will be explained too.

There will be described how to guide the student to their learning, trying to keep a reflective attitude and helping the student to discover and connect what we want to transmit.

Geometric problems are solved directly in three dimensional space, in line with currently available computer tools. Case studies are proposed to enhance student motivation, keeping clear the practical sense of what they will learn.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Los profesores universitarios, tenemos la responsabilidad de adaptar el contenido de la asignatura al momento actual y a las nuevas herramientas, para dar respuestas a las necesidades reales del profesional que estamos formando. Si obviamos estas necesidades, podemos crear un clima de desmotivación en el alumno, cuando éste se da cuenta que nuestro temario está obsoleto y no tiene aplicación práctica alguna en la actualidad.

Es necesario por tanto hacer una buena selección de contenidos, siempre pensando en las competencias que queremos desarrollar, con el fin de que el alumno entienda que los contenidos tienen una clara aplicación práctica en el desempeño de su futura labor como profesional, despertando así su interés por la asignatura.

En la asignatura Geometría Descriptiva impartida en primero de grado de la ETSA UPV, llevamos 12 años adaptando contenidos y metodologías a la era digital, en un proceso constante de evolución. En esta comunicación pretendemos exponer cómo hemos planteado una parte de nuestro temario: la proyección cónica.

Esta parte se ha enfocado tradicionalmente hacia la realización de perspectivas lineales, con escuadra y cartabón, pero hoy en día es difícil encontrar un técnico dispuesto a gastar una cantidad ingente de tiempo en realizar una perspectiva cónica, a la antigua usanza, cuando la mayoría de los estudios utilizan programas de CAD para realizar modelos 3D con los que obtener, de manera inmediata, cualquier perspectiva que podamos imaginar. Con la posibilidad de proporcionar un acabado fotorealista al aplicar texturas e iluminación al modelo. Por ello debemos reconducir los fundamentos teóricos del sistema cónico hacia un fin práctico para el alumno.

Todos sabemos que un sistema de representación ha de cumplir tres premisas: Representar, Resolver y Restituir. Nuestro planteamiento consiste en trasladar la operatividad del sistema al espacio tridimensional que nos ofrecen los programas de CAD y capacitar al alumno a:

- *Restituir el punto de vista de una fotografía en el espacio para transformar su perspectiva y obtener ortofotos*
- *Resolver un modelo tridimensional a partir de la información métrica y geométrica obtenida de la fotografía*
- *Representar el modelo desde cualquier posición o integrado en una fotografía del entorno real*

Se plantean casos prácticos reales con los que asentar los conocimientos teóricos, que resultan motivadores para el alumno, que entiende rápidamente el potencial de lo aprendido.



LA SESIÓN INTRODUCTORIA

Esta ponencia no pretende ser un modelo de cómo se ha de dar un clase de perspectiva cónica, pero como los medios que se utilizan y hacia dónde van orientados los conceptos, difiere de lo habitual, nos parece interesante escenificar, en este apartado, el “cómo se da”, por encima del “qué se da”, tema que conocerá sobradamente el lector.

A continuación se describe, a modo de ejemplo, cómo se imparte, de una manera activa, la “sesión clave”, introductoria de los elementos fundamentales de la perspectiva cónica, (Soler, 1996) que ha de provocar en el alumno la reflexión y la deducción de los conceptos, para conseguir así un aprendizaje sostenible por parte del alumno.

La sesión está planteada en dos partes, una parte a modo de lección magistral participativa, donde se exponen los conceptos iniciales referentes a la proyección cónica, mostrando a los alumnos imágenes y animaciones que describen cómo se produce una proyección cónica y cuales son sus elementos primordiales, además de relacionar, en este apartado, fotografía y perspectiva cónica, obviando, de momento, las aberraciones de la lente. Durante esta sesión lanzamos preguntas al aire en relación con lo expuesto, para mantener al alumno activo, haciéndole reflexionar y relacionar conceptos.

En la segunda parte de la sesión se realiza un ejercicio conceptual guiado, que llamamos “Ejercicio de usar y guardar”, que sirve para consolidar y atestiguar la asimilación de los conceptos y que, al completarse, se convertirá en un documento gráfico de referencia al que el alumno podrá acudir en cualquier momento, en caso de duda.

El ejercicio consiste en poner a disposición de los alumnos, un archivo con un escenario tridimensional que contiene y el punto de vista, un cubo y tres planos del cuadro, con distintas orientaciones en relación al cubo. Uno de ellos es paralelo a caras del cubo; otro, es paralelo a sus aristas verticales, mientras que el tercero es oblicuo con respecto a cualquier elemento del cubo.

El ejercicio se realiza por etapas, de modo que, en principio, sólo se muestra el plano paralelo a caras del cubo y se pide a los alumnos que dibujen los rayos proyectivos que, partiendo del punto de vista, pasan por los vértices del cubo. Después se pide que determinen su intersección con respecto al plano del cuadro, con lo que habrán obtenido la perspectiva de cada uno de los puntos, que unidos correctamente, proporcionan la perspectiva del cubo.

Se hace reflexionar al alumno sobre el resultado de la proyección obtenida, para que observe si se mantiene el paralelismo, la ortogonalidad o si se conservan las proporciones y en qué circunstancias.

El objetivo es que el alumno compruebe que las caras del cubo que son paralelas al plano de proyección, conservan su verdadera proporción y, en consecuencia, el paralelismo y ortogonalidad entre aristas.

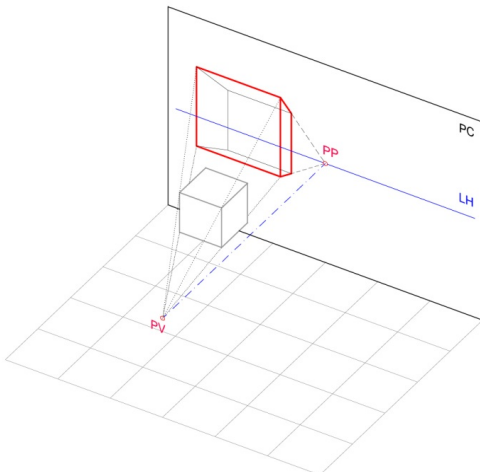


Fig 1. Primera parte del ejercicio: Plano de cuadro en posición vertical y paralelo a caras del cubo

La siguiente pregunta que se hace a los alumnos es *¿cuántos puntos de fuga hay?*... La respuesta no se hace esperar: "1", dicen los más participativos, pero cuando el profesor dice: "Hay 3", se crea entonces un clima de perplejidad que finaliza cuando concluye que, en efecto, hay un punto de fuga propio, pero que también hay dos impropios, por lo que es más correcto referirse a este caso como perspectiva cónica frontal y no como perspectiva de 1 punto de fuga.

También se les hace reflexionar sobre el hecho de que hay un punto de fuga, por cada dirección del espacio, por tanto, podemos encontrar puntos de fuga adicionales de elementos del cubo no representados, como por ejemplo: dos diagonales de las caras verticales del cubo que son perpendiculares al plano del cuadro, ejemplo que servirá para demostrar que no todos los puntos de fuga están sobre la línea de horizonte, sino únicamente los pertenecientes a rectas horizontales.

Esta parte concluye haciendo ver al alumno que la perspectiva que ha realizado de manera "manual", punto a punto sobre el plano del cuadro, es la que se obtiene de manera directa al situar una cámara en el punto de vista mirando hacia el punto principal, por tanto, les pedimos que posicionen así una cámara y comprueben que, al mirar a través de ella, deben superponerse perfectamente la figura del cubo en el espacio, con las aristas proyectadas, si el proceso se ha realizado correctamente.

Esto les permite comprobar rápidamente cualquier error, y nos sirve para relacionar de nuevo perspectiva cónica y fotografía, ya que la cámara que ofrece el programa de CAD, trata de simular una cámara real en términos de distancia focal, aunque resulta demasiado perfecta, por estar libre de aberraciones ópticas y tener una profundidad de campo infinita, conceptos que introduciremos al alumno más adelante.

La segunda parte del ejercicio consiste en trabajar con el segundo plano del cuadro, paralelo a las aristas verticales del cubo. Operando de igual modo llegan a la conclusión de que únicamente se conserva el paralelismo y la proporcionalidad en las aristas paralelas al plano del cuadro.

Esta vez no fallan con la pregunta trampa del número de puntos de fuga, pero se les pregunta: *¿Qué entiendes por punto de fuga?*... Se hace el silencio hasta que alguien dice: "Es donde se cortan las rectas proyectadas que son paralelas en el espacio", en realidad la respuesta no suele ser tan precisa, pero premiamos su intervención y traducimos en términos geoméricamente correctos lo que quiere expresar, para concluir que, efectivamente, es así y decíles: *Entonces, ¿el punto de fuga es la perspectiva de algún punto concreto del espacio?*... Lo que les lleva a reflexionar sobre la primera respuesta y a pensar que el punto de fuga es la perspectiva del punto donde se cortan las rectas en el espacio, es decir, el punto del infinito o punto impropio de la recta.

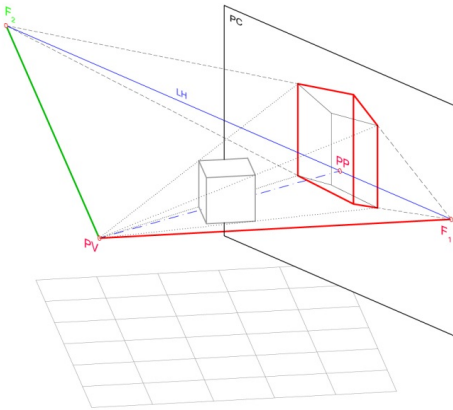


Fig 2. Segunda parte del ejercicio: Plano de cuadro en posición vertical y paralelo a las aristas verticales del cubo

A partir de este razonamiento *¿sabrías determinar un punto de fuga, sin tener antes las proyecciones de las rectas paralelas en el espacio?*... Esto les deja algo desconcertados, al tener que buscar la perspectiva de un punto que está en el infinito. Si al cabo de un tiempo siguen sin encontrar la respuesta, se les da otra pista: *El rayo proyectivo parte del punto de vista y llega al punto impropio de la recta, por tanto no podremos determinar el punto final, pero al menos ¿podríamos saber la dirección?*... Lo que deberá conducirles a la conclusión de que el rayo proyectivo deberá ser paralelo a las rectas.

A continuación se les pide que corroboren lo deducido, dibujando el rayo en cuestión y verificando que



interseca con el plano del cuadro en el punto de fuga obtenido previamente.

Este caso recibe el nombre de perspectiva de plano del cuadro vertical, siendo la perspectiva frontal, vista en el apartado anterior, un caso particular de éste, ya que en ambos supuestos el plano del cuadro es vertical.

En el último caso de estudio, el plano del cuadro es oblicuo, por tanto, ningún elemento del cubo es paralelo al plano de proyección, con ello comprueban que no se conservan verdaderas magnitudes ni proporciones.

Se pide que obtengan la línea de horizonte y el punto principal y preguntamos: *¿Está el punto principal sobre la línea de horizonte?...* Todos verán que, en este caso, no. *¿A que piensas que es debido?...* posiblemente aquí habrá que darles alguna pista como: *Piensa en cómo estaban antes el plano del horizonte y el rayo principal con respecto al plano del cuadro y cómo están ahora. ¿Sigue estando el rayo principal sobre el plano del horizonte?...* En realidad al responder esta pregunta, contestamos a la planteada inicialmente.

Lo siguiente, será pedirles que unan los puntos de fuga obtenidos con el punto de vista y analicen el resultado. Deberán comprobar que el resultado configura tres ejes ortogonales entre sí, paralelas a las direcciones del cubo. Lógico, si pensamos en lo deducido en el apartado anterior cuando deducimos el significado de punto de fuga.

Estos ejes obtenidos, configuran un triedro trirectángulo, cuya intersección con el plano de cuadro origina el triángulo de trazas, cuyos vértices son los puntos de fuga de las tres direcciones del cubo.

Esta construcción es un viejo conocido, que han manejado en el sistema axonométrico, pero se les hace hincapié en que será fundamental con objeto de la restitución fotogramétrica, ya que bastará conocer el triángulo de trazas, formado por tres puntos de fuga de tres direcciones ortogonales para poder restituir la posición del punto de vista. Más adelante les comentaremos que, en realidad, puede llegar a restituirse con menos elementos.

Es necesario hacerles reflexionar sobre lo siguiente: *¿Tiene el punto principal, alguna relación con el triángulo de trazas?...* Normalmente deducen con facilidad que el punto principal es el ortocentro del triángulo de trazas.

Al finalizar la sesión se les indica que en este dibujo está la clave para comprender los fundamentos de la perspectiva cónica y que habiendo comprendido el mecanismo y sus elementos, tienen todas las herramientas necesarias para acometer las restituciones fotogramétricas que realizaremos en las clases siguientes.

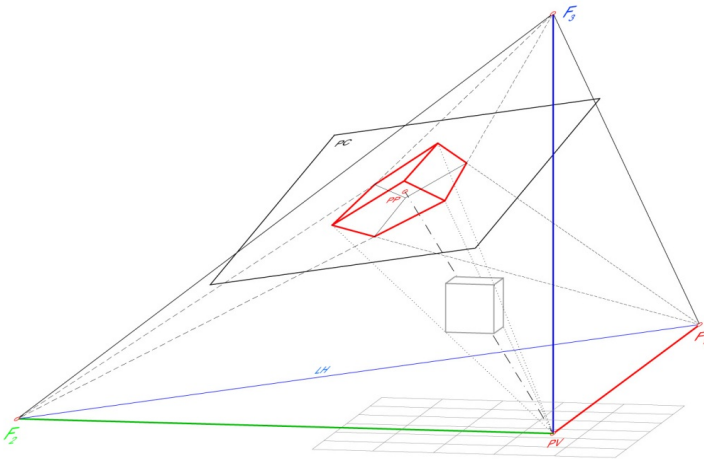


Fig 3. Tercera parte del ejercicio: Plano de cuadro en posición oblicua

¿Una fotografía equivale a una perspectiva cónica?... con esta pregunta iniciamos la sesión y dejamos que den su opinión. En principio, no suelen saber nada de fotografía y recuerdan que en la sesión anterior hemos dado por supuesto que sí lo son, por lo que las respuestas no suelen ser acertadas pero nos sirve para introducir la clase y captar la atención de los alumnos, centrándolos de lleno en el tema que queremos abordar. Dejaremos la respuesta en el aire y volveremos a plantear la pregunta al finalizar la clase.

Este apartado es fundamental para que el alumno entienda que las fotos obtenidas con su cámara digital o con su teléfono móvil de última generación, no se pueden asimilar, de entrada, a perspectivas cónicas. Para ello se introducen conceptos básicos referentes a las aberraciones ópticas y la necesidad del calibrado de la cámara.

El modelo de cámara oscura o pin-hole, con sólo un pequeño orificio por el que entra la luz, ofrece una imagen libre de distorsiones, equiparable a una perspectiva cónica, pero necesita tiempos de exposición muy elevados, por ello, las cámaras fotográficas incorporan lentes que focalizan los rayos de luz sobre el fotograma, pero sus imperfecciones producen distorsiones en la imagen que será necesario corregir si queremos que las fotografías sean equiparables a una perspectiva cónica.

Todos los objetivos fotográficos convencionales producen, en mayor o menor medida, distorsiones como la distorsión radial y la tangencial, siendo esta última despreciable, por lo que nos centraremos en corregir el efecto de la distorsión radial.

La distorsión radial es un tipo de aberración que origina que las líneas rectas aparezcan como curvas en la fotografía, debido a la desalineación que sufren los rayos al atravesar las distintas lentes. Si las curvas son cóncavas con respecto al centro de la fotografía, la distorsión radial se denomina distorsión de barril, mientras que si son convexas, se llama distorsión de cojin.

Los parámetros necesarios para corregir las distorsiones geométricas de la imagen se denominan parámetros intrínsecos de la cámara y para determinarlos es necesario realizar un proceso denominado calibración de la cámara, que podemos realizar mediante software libre. (Cabezas, Cisneros 2012)

Todos los elementos de la perspectiva cónica, vistos en la sesión introductoria, tienen su equivalente en términos fotográficos (Villanueva, 1996), así el punto de vista equivale al centro óptico del objetivo, también denominado punto de entrada pupilar.

El plano del cuadro está situado sobre el sensor y aunque en la realidad la imagen se produce invertida, por estar detrás del punto de vista, la cámara digital se encarga de procesarla correctamente, como si estuviera por delante.

El rayo principal, es equivalente al eje óptico del objetivo, mientras que el punto principal se situará siempre en el centro de la fotografía, si despreciamos las tolerancias de fabricación, aunque el posible desplazamiento se puede determinar en el proceso de calibración. Hemos de advertir que un recorte no concéntrico producido a la imagen en la edición digital, provocaría que el punto principal no estuviera en el centro del fotograma.

POSICIONES DE CÁMARA EN RELACIÓN A LA ESCENA

Tenemos infinitas maneras de orientar una cámara, a la hora de realizar una fotografía, y en cada una de ellas, el plano del cuadro, o sensor, guardará una relación con respecto a lo que estamos fotografiando. Por lo que el caso habitual será obtener una perspectiva de plano del cuadro oblicuo pero, en fotografía arquitectónica, nos interesará situar la cámara de manera que se mantengan algunas relaciones geométricas del edificio.

Desde un punto de vista teórico, la posición de la cámara, fijado un sistema de referencia, se determina según las coordenadas XYZ de centro óptico (O) de la cámara, es decir el punto de vista, y los ángulos que forma el eje óptico con el sistema de referencia que son: La orientación (yaw), la inclinación (pitch) y la rotación alrededor del eje óptico (roll) (Fig.4).

Una máxima en la fotografía arquitectónica es procurar que las aristas verticales del modelo, permanezcan verticales en la fotografía, tal como podemos comprobar en la mayoría de las publicaciones de arquitectura. Este sería un buen momento para preguntar a los alumnos: Si fuerais fotógrafos de arquitectura, ¿cómo lo conseguiríais?...Si es necesario, les podemos hacer referencia al caso particular del ejercicio del cubo de la clase introductoria, donde las aristas verticales del cubo resultaban paralelas en proyección, por quedar paralelas al plano del cuadro, de igual modo, si conseguimos que el sensor de la cámara quede en posición vertical (pitch=0), las aristas verticales de la escena fotografiada, deberían quedar paralelas. Si además, conseguimos



perfectamente la cámara (roll=0), quedarán en posición vertical y la línea de horizonte será horizontal.

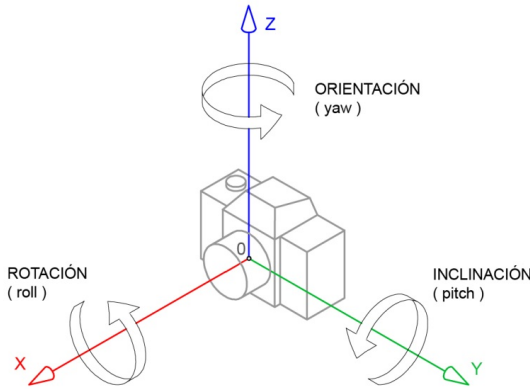


Fig 4. Ángulos que definen la posición de la cámara

Cabe matizar que conseguir esta posición de cámara a ojo y sin un trípode con nivelación resulta complicada, si no imposible, lo que podemos enlazar con otra pregunta: Si tuvieras que fotografiar un rascacielos completo, desde la acera de enfrente, ¿podrías mantener las verticales?...Esta situación tan gráfica les hace ver enseguida que deberán inclinar la cámara hacia arriba para poder sacar todo el edificio, las aristas verticales no serán paralelas al sensor y por tanto, no se mantendrán paralelas, ni verticales.

Este es un buen momento para comentar a los alumnos algo sobre objetivos descentrables y cámaras técnicas, pero les alegrará saber que no hace falta emplear este tipo de material tan costoso, sino que lograremos corregir las verticales en nuestras fotos, de manera precisa, con lo que aprenderán más adelante.

Otra posición de cámara interesante sería la que consigue que la fachada fotografiada, conserve su verdadera proporción, es lo que se denomina ortofoto. Podemos preguntar ahora: ¿Se os ocurre cómo podríamos obtener una ortofoto de una fachada?... basta que recuerden el caso de la perspectiva frontal, para que piensen que deberían colocar la cámara con el sensor paralelo a la fachada, o lo que sería equivalente, con el eje óptico ortogonal a ella.

Hemos de pensar que acertar a realizar una ortofoto, directamente, no es tarea sencilla, por más cuidado que pongamos al encuadrar, difícilmente conseguiremos que el sensor quede perfectamente paralelo a la fachada. Por otro lado, hay casos en que no tenemos espacio ni siquiera para intentarlo, pensemos en el rascacielos, o simplemente en una fachada situada en un callejón estrecho.

Volveremos a motivar a los alumnos cuando les digamos que aprenderemos a obtener una ortofoto a partir de una foto tomada en cualquier posición arbitraria. Además bastará saber una medida general, como la anchura de la fachada, para poder trabajar con ella a escala y obtener verdaderas magnitudes.

Corregir las verticales de una fotografía, conseguir una ortofoto, son todo transformaciones proyectivas en las que se necesita determinar el punto de vista, por tanto, es lo primero que hemos de averiguar, aplicando los principios proyectivos de la perspectiva cónica, vistos en la sesión introductoria.

La estrategia para la restitución se fundamenta en distinguir dos casos, fotografías de plano del cuadro vertical y fotografías de plano del cuadro oblicuo, caso habitual.

RESTITUCIÓN DEL PUNTO DE VISTA DE FOTOGRAFÍAS DE PLANO DEL CUADRO VERTICAL

Esta opción no la debemos buscar intencionadamente, puesto que, en general, es más costoso obtener los elementos geométricos necesarios para restituir el punto de vista, por lo que utilizaremos este método únicamente si las imágenes de partida las hemos obtenido de terceros y, por tanto, no hemos podido elegir la posición de la cámara.

Partiremos de una imagen completa, libre de distorsiones, de un escenario arquitectónico. Conviene hacer reflexionar al alumno acerca del lugar geométrico donde se encuentra el punto de vista, para que deduzca que, al no estar recortada, podemos asumir que el punto principal está en el centro de la fotografía. Por tanto el punto de vista estará sobre la recta ortogonal a la fotografía, que pasa por su centro.

Para hallar la posición del punto de vista, sobre esta recta, hará falta únicamente un elemento al que, en contadas ocasiones, los alumnos se anticipan. El objetivo es conducir al alumno hacia la respuesta sin ofrecerla de manera directa, por lo que deberemos dar alguna pista, por ejemplo: *Dibujar la línea de horizonte, ¿me ayudaría en algo?... seguramente no lo sabrán a priori, pero pedirles que la dibujen les hará reflexionar sobre conceptos importantes vistos en la sesión introductoria.*

En una fotografía de plano del cuadro vertical, la línea de horizonte puede ser horizontal o no dependiendo de la rotación de la cámara alrededor del eje óptico (roll). Sabiendo que la línea de horizonte contiene al punto principal, bastará obtener otro punto, a partir de la fotografía, para que ésta quede determinada. En fotografía arquitectónica es fácil encontrar referencias horizontales tales como dinteles de ventanas, cornisas, remates, a partir de los que obtener el punto de fuga buscado. Cabe incidir que la línea de apoyo del edificio en el suelo, rara vez es horizontal y por lo tanto no han de contar con ello.

El elemento que nos falta estará situado en el plano del horizonte, bastará conocer otro punto de fuga, sobre la línea del horizonte, para determinarlo. Volviendo al esquema planteado en la sesión introductoria y dejándoles que analicen la situación, no tardan en descubrir que se trata de dibujar el arco capaz determinado por el segmento definido por los dos puntos de fuga obtenidos que abarca el ángulo comprendido entre las dos direcciones de los puntos de fuga obtenidos. Este arco cortará al rayo principal en un punto que es la solución al punto de vista buscado.



Fig 5. Restitución de punto de vista de fotografía de plano del cuadro vertical

Por facilidad sería conveniente encontrar en la foto dos direcciones que podamos considerar horizontales y ortogonales entre sí, para que el arco capaz sea de 90° . En caso contrario, deberemos realizar un arco capaz del ángulo que forman las direcciones, obtenido de la planimetría o de la medición in situ.

RESTITUCIÓN DEL PUNTO DE VISTA DE FOTOGRAFÍAS DE PLANO DEL CUADRO OBLICUO

Hemos visto, en el caso anterior, que en un escenario arquitectónico, es habitual tener referencias de aristas verticales y horizontales del modelo, que serán la base de la estrategia de restitución del punto de vista. Empezaremos por recuperar el tercer caso visto en la sesión introductoria, donde habíamos dibujado el triédro trirectángulo cuyas caras se cortan en el punto de vista, siendo su intersección con el plano del cuadro el triángulo de trazas, a su vez determinado por los puntos de fuga de tres direcciones ortogonales.(figX)

Hagamos pensar a los alumnos: *A la vista de este esquema ¿cuantos elementos necesitamos para obtener el punto de vista?... Suelen responder que hará falta determinar 3 puntos de fuga de tres direcciones ortogonales en el espacio, para determinar el triángulo de trazas, a partir del cual construir el triédro trirectángulo con el que determinar la posición del punto de vista. Ciertamente esta es una posibilidad, pero podemos ahorrarnos un punto de fuga, ¿en qué circunstancias?...*

Si no son capaces de dar con la respuesta, hagamos la siguiente reflexión: *Si la fotografía no está recortada ¿dónde está el punto principal?, ¿guarda éste alguna relación con el triángulo de trazas?...* Esto será suficiente para que se den cuenta que, en caso de que la fotografía no este recortada, únicamente necesitamos dos puntos de fuga de dos direcciones ortogonales y el punto principal, que situaremos en el centro de la



fotografía. Con ello trazaremos el triángulo de trazas y el triedro trirectángulo que determina la posición del punto de vista, construcción que los alumnos conocen ya del sistema axonométrico.

Lo más sencillo, en este caso, es obtener los puntos de fuga correspondientes a las direcciones verticales y horizontales de una fachada. Sin duda en la fotografía tendremos referencias como aristas de cornisa y dinteles de huecos que podrán ser consideradas como líneas horizontales, mientras que los límites laterales o las aristas de las jambas de los huecos, pueden considerarse como líneas verticales. Prolongando estas referencias, obtendremos los dos puntos de fuga buscados.

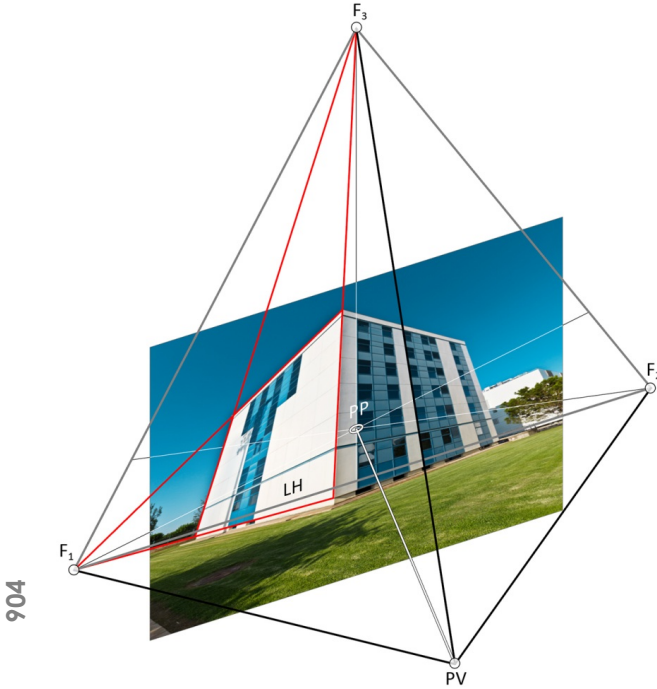


Fig 6. Restitución de punto de vista de fotografía de plano del cuadro oblicuo

Hemos visto que si la fotografía de partida estuviera recortada, no podríamos asegurar que el punto principal está en el centro, por lo que, para poder determinar el triángulo de trazas, necesitaríamos 3 puntos de fuga, correspondientes a tres direcciones ortogonales en el espacio, cosa que no siempre es posible obtener, si bien, podríamos construir el triedro a partir de los puntos de fuga de tres direcciones cualquiera, conociendo sus ángulos.

RESTITUCIONES GEOMÉTRICAS Y TRANSFORMACIONES PROYECTIVAS

Obtenido el punto de vista, podemos restituir elementos geométricos en el espacio, utilizando la condición de colinealidad entre punto de vista, punto restituido y su proyección. Debemos ser conscientes que hay infinitas figuras geométricas que nos proporcionarían la misma proyección cónica, por lo que partiremos de la restitución de un punto, situado al azar sobre el rayo proyectivo, a partir del que dibujaremos las aristas del modelo paralelas a las direcciones obtenidas en el proceso de restitución del punto de vista. El punto elegido, en primera instancia, determinará el tamaño del modelo obtenido, pero bastará aportar alguna medida general para ponerlo a escala.

Las transformaciones de perspectiva las podemos conseguir, de manera directa, situando una cámara en el punto de vista obtenido y dirigiendo el rayo principal en la dirección adecuada.

Para corregir las verticales, bastaría situar la cámara, apuntando a cualquier punto de la línea del horizonte, por ejemplo: el punto de la línea de horizonte más cercano al punto principal, mientras que para realizar una ortofoto, deberemos situar la cámara con su rayo principal apuntando hacia el vértice del triángulo de trazas, donde fuga la dirección ortogonal al plano que queremos ver en verdadera proporción.

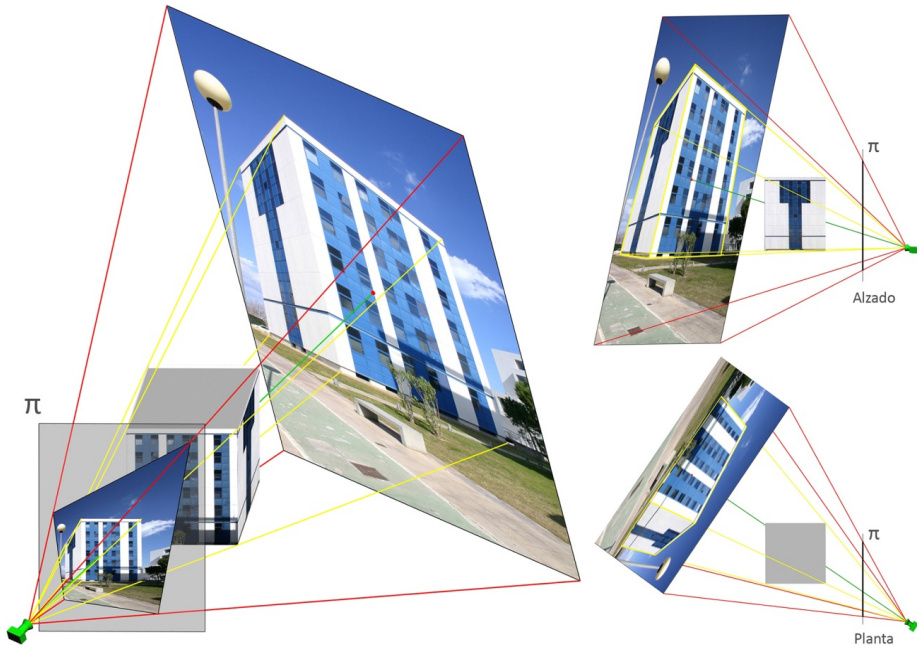


Fig 7. Modelo restituído y texturizado con datos obtenidos exclusivamente de la fotografía

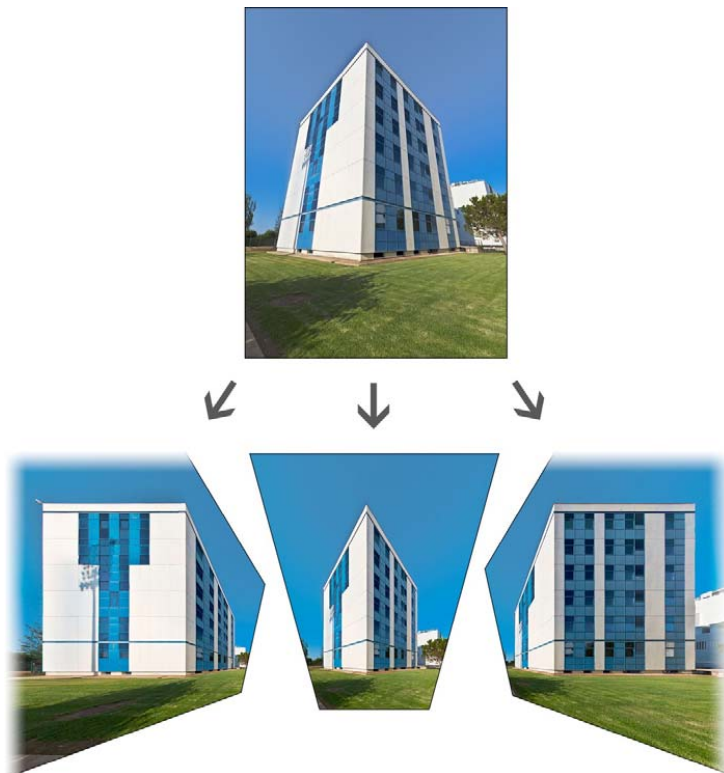


Fig 8. Transformaciones de perspectiva a partir de una fotografía de plano del cuadro oblicuo



INTEGRACIÓN DE MODELOS EN SU ENTORNO REAL

Hemos visto cómo los alumnos aprenden a restituir puntos y direcciones en el espacio. El paso siguiente será integrar un modelo virtual tridimensional con una fotografía del entorno, tema especialmente interesante en presentaciones de concursos y para obras de restauración o ampliación.

Se trata de conseguir situar el modelo entre el punto de vista y la fotografía para que el modelo quede aparentemente integrado sobre su entorno, al visualizar la escena desde una cámara situada en el punto de vista.

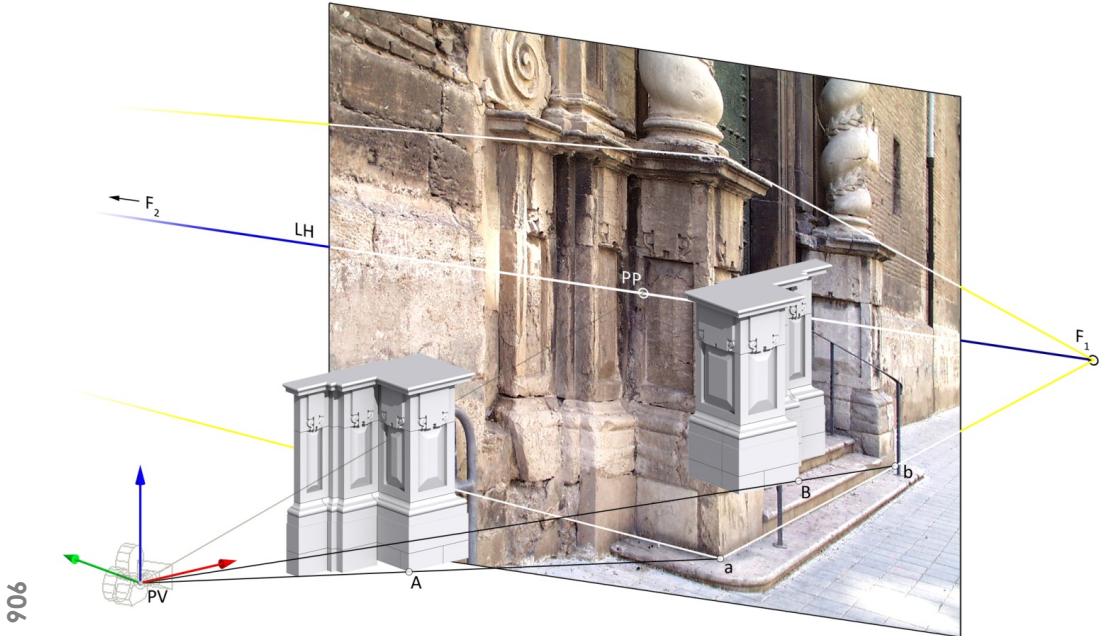


Fig 8. Posición del modelo en el espacio para conseguir la integración con el entorno

Para ello deberemos restituir dos direcciones, en común con el modelo, que nos permitan orientarlo en el espacio. Para fijar su posición, utilizaremos la condición de colinealidad con respecto a dos puntos de la foto en común con el modelo.

Tomaremos de referencia dos rayos proyectivos sobre los que deberemos situar los puntos del modelo correspondientes. Bastará realizar un desplazamiento para situar un punto del modelo sobre cualquier punto del rayo proyectivo que le corresponde, obviamente el segundo punto no estará colocado todavía sobre su rayo, para lograrlo, podemos optar por un cambio de escala con respecto al primer punto, o bien, por un desplazamiento en la dirección del primer rayo hasta conseguir, en ambos casos, que el segundo punto se sitúe sobre el rayo proyectivo correspondiente sin que el primero pierda la condición de colinealidad. La escala no tendrá ninguna transcendencia, siempre y cuando, el modelo quede comprendido entre el punto de vista y la fotografía. Cabe incidir que a mayor separación entre puntos escogidos, mayor será la precisión obtenida en la superposición.

Para conseguir un acabado fotorealista, utilizaremos programas de rendering con los que iluminar y asignar materiales a la escena.

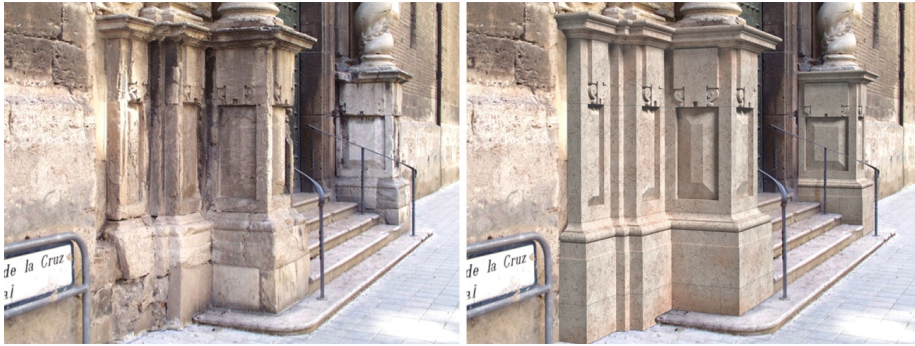


Fig 9. Reconstrucción ficticia del zócalo de la iglesia de San Juan de la Cruz de Valencia. P. Cabezos y J. Cisneros

CONCLUSIONES

Esta manera de enfocar la asignatura, dota de sentido práctico a los fundamentos del sistema cónico, adentrando al alumno en el uso de la fotogrametría, disciplina que lamentablemente no tiene cabida en la mayoría de planes de estudio de grado de arquitectura actuales.

Las competencias, adquiridas por el alumno, son, sin duda, de mayor aplicabilidad que las orientadas exclusivamente al dibujo tradicional de la perspectiva cónica, capacitando al alumno a Representar, Resolver y Restituir según las propiedades del sistema.

Los ejercicios planteados se refieren a casos prácticos reales que incentivan la motivación del alumno y muestran el potencial y utilidad de lo aprendido.



Fig 10. Rainier Tower, Seattle, arq. Minoru Yamasaki, Fotografía original (izquierda). Superposición de modelos alternativos realizados por Patricia Miquel (centro) y Borja Tur (derecha), alumnos de 1º de grado



Fig 11. Superposición de fachada de vivienda unifamiliar, ejercicio planteado en clase



Referencias bibliográficas

- Cabezos, P & Cisneros, J 2012, 'Fotogrametría con cámaras digitales convencionales y software libre', *EGA*, no.20, pp.
- Ferrer Muñoz, José Luis. 1981. *La perspectiva en las artes y en las técnicas*. Valencia.
- Maestre López-Salazar, Ramón.2003. *T.D.: Perspectiva cónica y fotografía: Análisis aplicado al levantamiento de planos de arquitectura*. Valencia.
- Soler Sanz, Felipe.1996. *Perspectiva Cónica*. UPV. Valencia.
- Villanueva Bartrina, Lluís. 1996. *Perspectiva lineal. Su relación con la fotografía*. UPC. Barcelona.

TOWARDS DISRUPTIVE INNOVATION IN EDUCATION: THE PROBLEM-BASED LEARNING (PBL) APPLIED TO TECHNICAL DISCIPLINES IN HIGHER EDUCATION

Teaching architectural drawing with not sketching pieces of furniture

Enrique DAVID LLÁCER

Polytechnic University of Valencia
Architectural Construction Department

The process of teaching in technical universities have remained unchanged for years despite the speed and importance of the latest technological advances in access to information. Surprisingly, architectural education has been mainly structured in tutorial-teaching, where lectures are based on transferring the knowledge and experience of the mentor-professor.

In recent years, there has been an increasing interest in the way to integrate practical skills in educational curricula. Most studies in practiced-based learning have only been carried out in a small number of subjects and schools, and these attempts demonstrate the utility of the system in technical disciplines. But in the end, due to the limited understanding of the process by staff and lecturers, it is poorly applied in formal educational settings.

This paper is based on the experience of the last three years lecturing in construction with a methodology based on real problems.

"One experience is never a failure; it always comes to prove something". Thomas A. Edison.

INTRODUCTION

In the new global economy, educational innovation has become a central issue for trying to achieve the best adaptive profile of technicians. They are asked by companies and employers to implement the latest advances in every technique and only by getting used in practical skills the succeed is possible.

From this point of view, the opportunity offered by teaching such practical subject as construction should be utilized to attempt to incorporate these learning techniques.

Some gaps in knowledge which have been detected in the relatively new curriculum derived from the Bologna process might be adressed with this system, that is in the center of the discussion of learning contemporary theories.

The aim of the study is to stimulate this discussion about what could be the best way that help us to articulate the problem-solving instruction.

TARGET: EDUCATIONAL INNOVATION

Is it adequate to talk about innovation in education?

Some specialists in educational analysis clearly pointed out the need to practice in educational process, (Schank, Childers 1988). Traditionally schools have been organised around subjects, like mathematics and physics, but not around processes. Learning is a human process and should be known as well as contents in curriculum. The first analysis should therefore be made from this perspective, trying to find out the system in teaching which takes into account the cognitive processes that underlie learning. As Schank reminds us, students forget information when they act as passive agents at lecturing classes. They are able to remember some bits of information when participating at lab sessions; but the highest level of knowledge only comes when students have developed professional skills and face real problems like experts do. The easiest way could be the one which tends to incorporate case studies to the student curricula. Although this tendency is widely extended in technical degrees, the depth of the approach to real cases makes the difference between schools and subjects.

In addition, some authors have qualified innovation. They distinguish between evolutionary innovation and disruptive innovation around the learning process. The term disruptive innovation was early introduced in 1994 by Clayton Christensen, (Christensen 2010) applied to marketing. Evolutionary innovation can be defined as the natural process of improving components or elements involved in any system. That is, what we normally consider innovation thanks to the perception of one or more human contribution has improved.

Evolutionary innovation is the logical answer to the entry of new competitors in the market. The only problem is that the effort and the economical cost is not fairly considered by the costumer because the difference is not always appreciate. For example, since its discovery, photography has evolved by improving quality of films, cameras, optics, until the sudden appearance of digital photography. Innovation was then logical during more than one century, and could be qualified as evolutionary. But one only fact, no predictable before, which is the invention of the digital camera was enough to change the whole industrial sector.

This is what we consider disruptive innovation. This strategy comes up always by incorporating new trends and products for the market, which have never known before. Following the previous example, photography has completely changed: worldwide companies as Kodak have been forced to redefine their strategies... nowadays it is even very difficult to buy a regular film!

The need for a similar shift in the educational field was introduced by several authors, as Christensen and Johnson



(Christensen et al. 2008). They suggested that the higher educational field won't be able to survive in the existing conditions, if possibilities offered of social and technical advances are not explored in order to improve at the highest possible level.

Questions have been raised about what might be considered a total innovating track in the process of transferring knowledge. Improving quality of the media used in teaching, as audiovisual aids, or notes and books which is the material normally offered to the students seems to be a logical improvement and therefore not disruptive. Even some advances in the treatment of information like some test and exams, now assessed by the internet should be qualified as evolutionary innovation. And they should be considered as normal advances mainly because the knowledge is transferred along a single direction, from lecturer to student.

What really can be valued as disruptive innovation is to allow students to participate in a self-directed process of learning where they have free access to the information, like true professional, facing real problems that occurs in real life.

This point of view, which may seem exaggerated from a traditional perspective, is in fact the leitmotiv to increase the students motivation in learning. It is also much more realistic because students are pushed to address real problems directly related to the topic. In fact, this instructional strategy based in authentic cases is highly valued by students who think and work harder when they are interested and believe that they are able to solve the problem, as Jonassen pointed out. (Jonassen 2000)

Perhaps the most serious disadvantage of traditional teaching system based on lectures is that students have never faced a full-real problem in a topic, like a graduated does at daily work. Practices that are solved in lectures are prepared by the lecturer with selected items from the topic and for that reason this practices should be considered partially connected to real problems.

The radical change arises when the learning process is redefined if students are considered as valid agents of knowledge: they have a chance to incorporate their own findings to the process. This key-idea, placed in the heart of the new training program, could be considered daring in secondary education but it fits adequately in what higher education means. As lecturers, we should admit that contents in practical subjects as construction are always being adapted to new technologies and regulations which we didn't study before. Technologies and regulations are in a constant process of renovation and we are forced to study them as soon as they emerge in the market or the law.

We can agree that we are the only experts in understanding our field of work while being adapted in every practical problem. And also that this is exactly the lack of the student's subject knowledge.

Apart from that, the students have the same access to the available information as their teachers have, and they are able to find out publications and papers faster than anybody.

This is the truly disruptive innovation. The knowledge flows from both sides, teachers and students, all of them involved in a self-oriented path following a real approach.

Obviously one of the most important points of the problem-based learning is the free access to information. This base was not easily achievable some years ago, but at nowadays is very easy to reach. The full implementation of the internet at university and the access of students to scientific web-platform searching engines let them way to the highest level of information. We must take advantage of current technological resources which facilitates the exchange of information between students and teachers elsewhere.

Classes are then converted into work sessions as in real life. And the focus of the learning process is centered in work the way of the problem itself, instead of picking up some limited resources from presential lectures.

THE PROBLEM-BASED LEARNING SYSTEM

The problem-based learning (PBL) is widely regarded as a successful and innovative method for engineering education, as De Graaf pointed out (De Graaf, Kolmos 2003). Since it was firstly applied at McMaster University in Canada during the sixties, hundreds of web sites and published papers are dedicated to this educational method.

A brief overview was formerly published in 1996 by Howard S. Barrows (Barrows 1996). By reading again the paper, we can clearly accept that reasons which originated the change forty years ago are fully valid today: *The students were disenchanted and bored with their medical education because they were saturated by the vast amounts of information they had to absorb, much of which was perceived to have little relevance to medical practice.*

Do it sound familiar to us?

The traditional learning method which is centered only in transferring information to students might be considered not effective in training them through the process of underline the relevant content for practice. The outcomes of student's survey every year are similar with those offered by students forty years ago. Students need to be trained to handle the information, instead of being loaded by packs of information.

Faculty members can see how students think, what they know, and how they are learning. This allows teachers to intervene early with students having trouble before it becomes a more difficult issue. (Barrows)

Main characteristics of the system are these:

- **Learning is student-centered.** The main agents of the process are the students, who must take responsibility of their learning. This specific rule is close what Schank predicates: It is time to consider the learning as a process. While students don't take care of their paper in the process, success is not guaranteed.

- **Learning occurs in small student groups.** That is, the Achilles' heel of the system when applied at public Universities. Continuous monitoring of the process by the staff is crucial, and it becomes an impossible task when more than twenty students per group that are following the matter.
- **Teachers are facilitators or guides.** The tutor introduces practical skills to students through stating questions or complementary points of view of the problem. This means higher dedication of staff, which is not always understood in terms of improving quality. There must be a constant level of customization in every problem and global solutions are not appropriate for this system.
- **Problems form the organizing focus and stimulus for learning.** Attempting to solve the problem, the students will realize that they need theoretical knowledge and information, not only that coming from one specific discipline. Therefore they are then asked to integrate information from many subjects, as it happens in real life.
- **New information is acquired through self-directed learning.** The well-oriented problems might result in new contributions to expertise. This is the normal outcome when students and teachers spent their time in working together debating what they have learned through the task.

One of the most challenging sides of the method is that the learning experience is different for every student. In view that knowledge is reached solving a real case, results are different depending on what options the students decide during researching. And then, the faculty staff tends to take control.

This danger has been highlighted by Barrows: *This educational goal is easily weakened by tutors who are directive with students, by faculty statements about learning expectations with each problem... All these tend to make the students dependent on the faculty telling them what to learn, as in conventional curricula, instead of being the independent learners that they must be in (medical) practice.*

Anyway we must recognize that the metatheory of problem-based learning is not simple. Jonassen admits that the ability to solve problems is a function of the nature of the problem and the way that the problem is represented to the solver. Problems vary in terms of their structuredness, complexity, and abstractness.

Speaking about structuredness, we should distinguish between well-structured problems and ill-structured problems. The first ones are normally faced in controlled domains of knowledge where the number of issues, functions, or variables is limited and connectivity is always possible.

On the other hand, ill-structured problems are typical in everyday professional practice, because they were formulated in a free environment and their solutions were not predicted.

This type of problems are the most interesting in engineering Degrees where theoretical knowledge should be applied by studying every option and by classifying them in a ranking of effectiveness. Perfect solution is not always possible and finally the one selected is the best in the ranking.

Therefore the problem must be represented by the lecturer in its natural complexity. This could be qualified as the abstractness grade of the problem. For a good level of learning in higher education, the accuracy is important in the simulation that we suggest to students at universities. Complexity should not be avoided by lecturers when they design the problem at the beginning of the process.

Jonassen classified the problems into eleven types, some of which were extensively researched, such as logical problems. Among all the types, we are interested in Design Problems, which are defined as design intervention for a given situation.

DESIGN PROBLEMS	
Learning activity	Acting on goals to produce artifact; problem structuring and articulation
Inputs	Vague goal statement with few constraints; requires structuring
Success criteria	Multiple, undefined criteria; no right or wrong –only better or worse
Context	Complex, real world; degrees of freedom; limited input and feedback
Structuredness	Ill-structured
Abstractness	Problem situated

Table 1: Description of Design Problems according to Jonassen, 2000.

A good discussion and analysis near the architecture was published by De Graaf (De Graaf, Cowdroy 1997).

And more recently the same author reminds us the main characteristics in learning process (De Graaf, Kolmos 2003) where he considers that one of the most important principles is the inter-disciplinary. The solution of the problem can extend beyond traditional subject-related boundaries and methods.

If faculty staff keeps in mind this important principle, connections between subjects will be finally introduced. That is, curriculum could easily be understood as a whole.

Related to this, it was an extraordinary opportunity the redefinition of curriculum that took place recently following the Bologna process in higher education. More overlaps in contents and work tasks would be optimal but, in the end, the curriculum was only theoretically adapted, keeping the same outdated information or procedures in learning. The opportunity was missed because nobody questioned the system of learning instead of filling the curriculum with traditional subjects.

The PBL learning method must be implemented in a curriculum which could be structured in a thematic blocks, instead of subjects. This could be considered "transversal problems" which covers specific types of projects



related to the degree.

As De Graaf reminds us, in order to create the good conditions for learning, we must consider two ideas related to the structuration:

- Changes in the educational format are closely connected with the system of examinations and material selection.
- The members of the team have to learn to co-operate effectively. That is, interactive discussions where knowledge comes from someone of the group and is quickly transferred to everyone.

Finally, it seems to be clear that problem assignments are important because the more the problem is connected to reality, the more the students feel confident and motivated with the task.

Some analysts have reported different fine distinctions within the PBL method when it is applied to polytechnic disciplines. Delgado Cepeda (Cepeda 2005) have studied a course of mathematics for architects. In another major study, Yew (Yew, Schmidt 2011) have provided measurements of how learning takes place in this method. This study have explained effectively a very realistic approach of what is called "one-day-one-problem" which is described in detail when it is applied to a group of 25 students and one tutor-facilitator:

- *Phase 1: Problem analysis phase (approximately 1 h): Facilitator presents problem for the day. Students work in teams of five to identify their prior knowledge and learning issues.*
- *Phase 2: First self-directed learning period (approximately 1h): Students do individual research or work with their teams on worksheets and other resources provided. Time is spent teaching one another with the team. Most of the individual research is done by reading online resources from the internet.*
- *Phase 3: Group meeting with facilitator (approximately 1.5 h): Each team of students meets with the facilitator for about 20 min. to share their progress and strategy of understanding the problem. The rest of the time is spent continuing on self-study and/or discussion.*
- *Phase 4: Self-directed learning (approximately 2 h): Extended time where teams consolidate their research and formulate a response to the problem.*
- *Phase 5: Reporting phase (approximately 2 h): Each team presents their consolidated findings and response to the problem, defending and elaborating based on questions raised by peers and the facilitator. The facilitator would also clarify key ideas if necessary.*

This procedure can be easily adapted to one-month period of work, by only increasing the number of meetings at the end of each week.

LIMITED EXPERIENCE ATTEMPTING TO INTRODUCE THE PBL SYSTEM IN CONSTRUCTION

The challenge of teaching a fully practical subject like construction not always guarantee adaptation. During many years the regulations were not changed and the solutions of problems were similar. Construction in the past was understood as a collection of technical details, junctions which were composed and designed by one technician and then accepted for everybody. But at the moment this system is not effective.

But the number of standards and regulations has doubled in recent years and there is an unlimited number of variations in construction systems to be studied at university.

On the other hand, the students were only interested in copying sketches and technical details from former years without thinking in the possibilities of the problem.

The good access to information technologies in this university, reported by Blasco (Blasco García, Mas Tomas, Maria De Los Angeles & Lerma Elvira 2012) teaching the subject of construction, was not used by students to achieve the goal properly.

From this background, it was considered the best moment to try a new experience in teaching where students could have opportunity to solve problems as in real life.

Scores of the exams were decreasing year per year and the quality of the students practical work followed the same path. The lack of the students knowledge was not only for understanding materials and construction details, it was checked vast deficiencies in drawing and materials theory. A good quality in drawing and sketching is essential in the professional practice of Building Engineering. Technicians are asked to order, resolve, and adapt the various construction systems on site. One specific system could be properly constructed only if it has been correctly designed; and conversely it is not properly drawn when it lacks of right conception.

In what refers to technical drawing and sketching construction details, those are the gaps in knowledge that were observed. The percentages are considered from a tested group of 121 students from years 2010 and 2011.

Competence			Observed shortcoming
Scale of drawings			Difficulty in scaling. Students unable to sketch in 1:5 scale having a decimeter rule. 12%
Equivalence between sections and cross sections	plan		Some sheets missed or not properly placed between sections. 25%
Material components	dimension of		Absolute disparity in measurements of materials. A brick being designated as 7 cm thickness is finally drawn with different thickness. 30%
Abstract components	representation of		Excessive abstraction of components. The section of a frame of a window is represented as a single rectangle. 20%

Drawing composition at size paper	Vertical cross section of a wall placed in the short dimension of the size paper: the rest of the paper remains white. 35%
Quality of technical lines hand-drawn and sketched	Poor quality, thickness of lines not scaled, projection lines forgotten. 14%

Table 2: Observed shortcomings at exams of construction. Source: Exams 2010-2011.

Considering these results, which don't include mistakes of construction itself, one could easily understand the difficulty of students in achieving a high score.

It was thought a good idea to introduce the practical work of every theoretical block as a practical problem, trying to adapt the PBL system to the entire subject.

Students would work over a real project proposed by them. Complexity or simplicity of each project was different for every student. They were asked to choose the more realistic project as possible, but not being a singular building. It was expected an increase in motivation of students, since it was they who had chosen the project.

The assignment was made for every students at the same level. They would face the design of their project through applying the theoretical knowledge in regulations and lectures.

A brief description of the sessions timetable is shown:

- 1st week: Assignment of the problem. Review of construction materials and components at laboratory.
- 2nd week: Visit to construction on site. Students can check a real construction and discuss with teacher on site. Sketch what commented.
- 3rd week: General discussion workshop.
- 4th and 5th week: Detailing workshop.

Workshops were designed as a fully practical corrections. The students would post their works and discuss with the whole group the drawn solutions. This system was better valued because of the generalization of comments and discussion with students. This system is not well known in building engineering school, but generally accepted in different degrees. The corrections in the past years were conducted only in particular tutorial meetings and the problem for teacher was the high level of repetitions in solving the same details and junctions. Avoiding repetitions and highlighting important contents are benefits of public practical sessions.

In addition, theoretical classes were reduced in order to solve general doubts and needs of the assignment. Time was spent by introducing the legal framework and the method for solving the problems of students.

With this scenario, everything seemed to be controlled: Workshops properly scheduled, students fully motivated, problems based in real-life questions, projects being chosen by students...

The approach was fully adapted to what the new curriculum required to the subject organization: Continuous assessment of knowledge. Everybody could easily pass the subject only by following the practical work and sessions. Because no threshold was imposed, students could add in each part its own little score to the final mark.

Honestly, results hardly could be more disappointing.

While the first and second sessions had no problems in terms of working and debating, the rest of the sessions were a complete disaster. Time was spent in correcting mistakes for the only couple of brave students who dared to post their work. Mistakes were normally related to drawing quality, composition and so on. This behaviour was repeated every week, and when students were asked about what was the fault, they agreed in thinking that they were unable to follow the trail.

A trail in working absolutely soft for them, because they had two weeks for working before showing the first results.

The only advantage of that absence of working in projects was the speaking time with students for feedback about reasons of their behaviour.

According to the students, these were the reasons of the lack of their working:

- They have not usually worked into interactive groups. They need more communication skills between groups of students.
- They had never opportunity to defend their work in public. They also need to be more efficient in oral presentations.
- Only a strong schedule program of checking points could force the students to work properly. They are not aware of deadlines when they manage their time.
- The problem was considered too big or too complicated: Starting point was difficult to found because they thought that a lot of information should be collected.
- Although the problem had to be presented individually, the students stopped at work when they found any small problem.
- The size of the group could affect results. In the beginning there were more than 40 students and only 32 students followed classes.



It seems possible that these results are due to the students attitude facing the subject. They are convinced that copying from classmate sketches of the past years could be enough to pass exam.



Fig. 1: A typical practical correcting session. The group was 23 students and only 2 work were posted to discuss and correct their partial content.

914

CONCLUSIONS

This paper presents an integrated concept of the latest findings and contributions for innovation in technical education. The subjects of mainly practical content should adapt their systems in teaching by introducing new processes of integrate real experiences. For this target, it could be used the well known problem-based learning system (PBL) which is used in disciplines as medicine and engineering.

The main advantage of the new learning process is that students are close to real problems. Knowledge comes from discussion and researching in small groups of students.

Another important finding is the integration of knowledge. Classical contents of subjects need to be connected and adapted in order to solve the real case. In the example, we can see that while learn construction, students were trained in drawing properly.

They should start to get used in drawing construction as soon as possible. The sooner they could start in drawing details the more they might know when they graduate.

A good proposal could be that students could learn construction while they follow the subject of technical drawing. There are thousands of possible topics. The students might draw architectural details or junctions in a latest effort to change their attitude in solving real problems.

Then, of course, they would not be required to sketch pieces of furniture anymore.

Bibliographic references

Banerjee, H. & De Graaff, E. 1996, "Problem-based learning in architecture: problems of integration of technical disciplines", *European journal of engineering education*, vol. 21, no. 2, pp. 185-195.

Barrows, H.S. 1996, "Problem - based learning in medicine and beyond: A brief overview", *New directions for teaching and learning*, vol. 1996, no. 68, pp. 3-12.

Blasco García, V., Mas Tomas, María De Los Angeles & Lerma Elvira, C. 2012, *Experiencias en investigación para la enseñanza de la construcción arquitectónica*.

- Cabrol, M. & Severin, E. 2010, "TICS en educación: una innovación disruptiva", *Banco Interamericano de Desarrollo*, .
- Cepeda, F.J.D. 2005, "Designing a Problem-Based Learning Course of Mathematics for Architects", *Nexus Network Journal*, vol. 7, no. 1, pp. 42-47.
- Christensen, C.M. 2010, "The Innovator's Dilemma", *When new Technologies Cause Great Firms to Fail*. Harvard Business School Press, Boston, ass, vol. 977.
- Christensen, C.M., Horn, M.B., Johnson, C.W. & Amazon. com (Firm) 2008, *Disrupting class: How disruptive innovation will change the way the world learns*. McGraw-Hill New York.
- De Graaf, E. & Cowdroy, R. 1997, "Theory and Practice of Educational Innovation through the Introduction of Problem-Based Learning in Architecture", *International journal of engineering education*, vol. 13, pp. 166-174.
- De Graaf, E. & Kolmos, A. 2003, "Characteristics of problem-based learning", *International Journal of Engineering Education*, vol. 19, no. 5, pp. 657-662.
- Duch, B.J., Groh, S.E. & Allen, D.E. 2001, *The power of problem-based learning: a practical" how to" for teaching undergraduate courses in any discipline*, Stylus Pub Lic.
- Jonassen, D.H. 2000, "Toward a design theory of problem solving", *Educational technology research and development*, vol. 48, no. 4, pp. 63-85.
- Lagace, M. 2008, "How disruptive innovation changes education", *Retrieved February*, vol. 19, pp. 2009.
- Lewis, W. & Bonollo, E. 2002, "An analysis of professional skills in design: implications for education and research", *Design Studies*, vol. 23, no. 4, pp. 385-406.
- Schank, R.C. & Childers, P.G. 1988, *The creative attitude: Learning to ask and answer the right questions*, Macmillan New York.
- Wood, D.F. 2003, "Problem based learning", *Bmj*, vol. 326, no. 7384, pp. 328.
- Yew, E.H.J. & Schmidt, H.G. 2011, "What students learn in problem-based learning: a process analysis", *Instructional Science*, , pp. 1-25.



REDEFINICIÓN DE COMPETENCIAS PARA GEOMETRÍA DESCRIPTIVA EN EL ENTORNO DE LA EDUCACIÓN BASADA EN COMPETENCIAS

Rafael Miguel ESTEVE PARDAL
Francisco Ramón LOZANO MARTÍNEZ
Gabriel GRANADO CASTRO

Universidad de Sevilla
Departamento de Ingeniería Gráfica

Resumen

Es conocido que dentro del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), las diversas asignaturas deben desarrollarse dentro de un entorno educativo basado en la adquisición de competencias y que el alumno debe haberlas adquirido una vez ha superado la asignatura.

En nuestra opinión y según la reciente bibliografía en materia educativa y del EEES, la asignación de competencias a la asignatura de Geometría Descriptiva en particular, no ha seguido el proceso lógico que debería.

Hasta ahora y de un modo muy resumido, podemos decir que de los conocimientos asignados a la asignatura se han redactado las competencias asignadas a la misma, sin tener en cuenta cuales son realmente las que el profesional va a necesitar en el desarrollo de su actividad.

Proponemos que la ruta para su redacción debe ser claramente distinta. Conocidos las competencias profesionales de las que disfrutará el estudiante una vez que se enfrente al mercado laboral, debemos observar cuales son afectadas por la asignatura y redactar a partir de ellas las competencias asignadas a la misma. Una vez estén desarrolladas, será el momento adecuado para enumerar y concretar los conocimientos que hay que trabajar en la asignatura y que nos van a permitir que el estudiante adquiera dichas capacidades y le permitan afrontar con garantías su actividad profesional.

Una vez establecido esto, planteamos una redefinición de competencias y subcompetencias de la asignatura de Geometría Descriptiva así como una nueva concreción de contenidos asociados que vamos a presentar a nivel de bloques temáticos.

También es importante concretar cómo se realizará la evaluación del alumnado por competencias, lo que se hará a nivel de subcompetencias.

Por otro lado, serán los elementos de competencia como desagregación de las anteriores las que servirán para la redacción de contenidos a un nivel más detallado, unidades didácticas, que por bloques de contenidos.

En la docencia de cualquier disciplina en general y en la de Geometría Descriptiva en particular, aparecen diversos elementos que presentan cierta dificultad a la hora de transmitirlos a los estudiantes y ocurre que, mostrando ciertas alternativas al tema explicado, aclara enormemente el contenido y permite que "se haga la luz."

Texto comunicación

1.- INTRODUCCIÓN.

El Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) solicita a las diversas asignaturas su desarrollo dentro de un entorno educativo basado en la adquisición de competencia; aquellas que el alumno habrá adquirido una vez haya superado la asignatura.

En el caso de la Universidad de Sevilla, es el Reglamento General de Actividades Docentes (RGAD¹ en adelante) quien se establece la normativa, procedimientos y elementos académicos necesarios para articular la implantación de la idea de competencias.

En el artículo 1 establece como **actividad docente** al conjunto de acciones conducentes a desarrollar el proceso educativo a su más alto nivel formativo basándose en los principios de calidad de enseñanza, libertad de cátedra y libertad de estudio, los programas de la asignatura y la normativa aplicable.

¹ RGAD: Reglamento General de Actividades Docentes.

En el artículo 2, el RGAD establece el programa de la asignatura como el instrumento mediante el cual los departamentos desarrollan y organizan los objetivos docentes, los contenidos y las actividades formativas de evaluación de ésta. Es el departamento responsable de la docencia el responsable de su elaboración y se somete a la aprobación del Consejo de Departamento.

Entre los elementos a incluir en este documento, destacamos los siguientes:

- Objetivos docentes específicos en cuanto a la adquisición de competencias, conocimientos, destrezas y capacidades.
- Relación sucinta de de contenidos, detallada en bloques temáticos.
- Sistemas y criterios de evaluación y calificación de las competencias, conocimientos y capacidades adquiridas por el estudiante.

El RGAD establece en su artículo 41 que el proyecto docente de una asignatura supone la expresión documental realizada por el profesor para el desarrollo de la asignatura durante el curso académico, deberá ser aprobado por el Consejo de Departamento y contendrá el programa común de la asignatura.

Entre los elementos que lo componen, destacamos el siguiente:

- Sistema de evaluación y calificación de las competencias, conocimientos y capacidades adquiridas por los estudiantes, de entre los que figuren en el programa de la asignatura.

Son las competencias asignadas actualmente a las asignaturas de Geometría Descriptiva I (GDI) y Geometría Descriptiva II (GDII) las que suponen el centro de nuestra atención. En adelante y para simplificar la referencia las mismas, lo haremos en conjunto como Geometría Descriptiva (GD) y solo nos referiremos por separado a cada una de ellas cuando sea inevitable.

2.- OBJETIVOS.

Hasta ahora y de un modo muy resumido, podemos decir que de los conocimientos asignados a la asignatura se han redactado las competencias asignadas a la misma, sin tener en cuenta cuales son realmente las que el profesional va a necesitar en el desarrollo de su actividad.

Proponemos que la ruta para su redacción debe ser rotundamente distinta. Conocidos las competencias profesionales de las que disfrutará el estudiante una vez que se enfrente al mercado laboral, debemos observar cuales son afectadas por la asignatura y redactar a partir de ellas, las competencias asignadas a la misma. Una vez estén desarrolladas, será el momento adecuado para enumerar y concretar los conocimientos que hay que trabajar en la asignatura y que nos van a permitir que el estudiante adquiera dichas capacidades y le permitan afrontar con garantías, en lo que a la geometría se refiere, el desarrollo de su actividad profesional.

3.- CONTENIDO

Dentro del proceso de planificación docente, la vertebración de las competencias académico-profesionales queda establecida en orden a un procedimiento jerárquico. Éste comienza con la *confección del perfil académico-profesional* de cada titulación en el que se establecen los objetivos generales y específicos -en clave de competencias-. El siguiente paso, dentro de la jerarquía establecida, lo constituye el *diseño de la estructura de las enseñanzas mediante los planes de estudio*, en el que los objetivos y las competencias inicialmente fijadas se despliegan por asignaturas -de carácter básicas, obligatorias y optativas-. Dentro de cada asignatura las competencias directoras o de primer orden se desagregan en subcompetencias, cuyo desarrollo se alcanza por medio de una herramienta fundamental como es el programa de la asignatura y se concreta a través de los módulos o bloques temáticos de aprendizaje. Por último, el proyecto docente constituye el eslabón final del proceso. En él, mediante la lección o tema se vertebran las subcompetencias de cada bloque temático en elementos de competencia, a partir de los cuales se establecen los contenidos elementales que junto a la metodología, los procesos, las actividades, los medios, los recursos, la temporalización y la evaluación de evidencias plasmarán la propuesta concreta del docente para facilitar la adquisición al estudiante de los objetivos y las competencias académico-profesionales demandadas.





El libro blanco de la edificación, partiendo de una evaluación previa de estas necesidades dentro del contexto nacional, establece como **perfiles profesionales y ocupaciones** más características a desarrollar por los Ingenieros de Edificación las siguientes:

- *Dirección técnica de la obra:*
Director de la ejecución de la obra, Director de obra, Técnico de planificación y organización de la obra, Técnico de control y gestión de la calidad y Técnico de control y gestión económicos.
- *Gestión de la producción de la obra:*
Jefe de obra, Jefe de producción, Técnico responsable de estudios, Técnico responsable de gestión de compras y recursos y Técnico de calidad y medio ambiente.
- *Prevención, Seguridad y Salud:*
Coordinador de seguridad y salud en fases de proyecto y de ejecución, Técnico en redacción de estudios y planes de seguridad, Técnico de prevención de riesgos laborales y Auditor de planes de prevención de riesgos laborales y su gestión.
- *Explotación del edificio:*
Director de explotación de edificios, Responsable de la conservación y mantenimiento, Técnico redactor de documentos sobre la gestión del uso, conservación y mantenimiento, así como planes de emergencia y evacuación del edificio y Técnico en estudios de ciclo de vida útil, evaluación energética y sostenibilidad de los edificios.
- *Consultoría, asesoramiento y asistencia técnica:*
Auditor técnico de proyectos y de ejecución de obra, Auditor de sistemas de gestión de calidad y medio ambiente, Experto o consultor técnico en informes, peritaciones, dictámenes, tasaciones, valoraciones y estudios de viabilidad económica y Asesor urbanístico.
- *Redacción y desarrollo de proyectos técnicos:*
Técnico en proyectos de demolición, Técnico de proyectos de reforma, interiorismo, rehabilitación y Técnico de proyectos de obra nueva.

Para la titulación de Grado en Ingeniería de Edificación estos objetivos quedan determinados en **la Orden ECI/3855/2007, de 27 de noviembre**, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico, las competencias son:

- Dirigir la ejecución material de las obras de edificación, de sus instalaciones y elementos, llevando a cabo el control cualitativo y cuantitativo de lo construido mediante el establecimiento y gestión de los planes de control de materiales, sistemas y ejecución de obra, elaborando los correspondientes registros para su incorporación al Libro del Edificio. Llevar el control económico de la obra elaborando las certificaciones y la liquidación de la obra ejecutada.
- Redactar estudios y planes de seguridad y salud laboral y coordinar la actividad de las empresas en materia de seguridad y salud laboral en obras de construcción, tanto en fase de proyecto como de ejecución.
- Llevar a cabo actividades técnicas de cálculo, mediciones, valoraciones, tasaciones y estudios de viabilidad económica; realizar peritaciones, inspecciones, análisis de patología y otros análogos y redactar los informes, dictámenes y documentos técnicos correspondientes; efectuar levantamientos de planos en solares y edificios.
- Elaborar proyectos técnicos y desempeñar la dirección de obras de edificación en el ámbito de su habilitación legal.
- Gestionar las nuevas tecnologías edificatorias y participar en los procesos de gestión de la calidad en la edificación; realizar análisis, evaluaciones y certificaciones de eficiencia energética así como estudios de sostenibilidad en los edificios.
- Dirigir y gestionar el uso, conservación y mantenimiento de los edificios, redactando los documentos técnicos necesarios. Elaborar estudios del ciclo de vida útil de los materiales, sistemas constructivos y edificios. Gestionar el tratamiento de los residuos de demolición y de construcción.
- Asesorar técnicamente en los procesos de fabricación de materiales y elementos utilizados en la construcción de edificios.
- Gestionar el proceso inmobiliario en su conjunto. Ostentar la representación técnica de las empresas constructoras en las obras de edificación.

Una competencia es la capacidad de un sujeto de aplicar en el momento más idóneo la estrategia o conocimiento más oportuno. No sólo implica el dominio del conocimiento o de estrategias o procedimientos, sino también la capacidad o habilidad de saber cómo y porqué utilizarlo en el momento más adecuado.

Las competencias específicas (frente a las transversales o genéricas) son las propias de las distintas áreas o campos de estudio y propias de cada perfil profesional, es decir, están ligadas a cada titulación.

La citada Orden ECI/3855/2007 establece para el módulo de Expresión Gráfica la adquisición de la siguiente competencia: "Capacidad para aplicar los sistemas de representación espacial, el desarrollo del croquis, la proporcionalidad, el lenguaje y las técnicas de la representación gráfica de los elementos y procesos constructivos". En la memoria de verificación del título de Grado en Ingeniería de Edificación, esta competencia se reparte entre las asignaturas de Dibujo aplicado a la Ingeniería de Edificación, Geometría Descriptiva I y Geometría Descriptiva II.

En concreto y a tenor de esto, en la memoria de solicitud de verificación del título para la Universidad de Sevilla aprobado por la ANECA, se atribuye a las asignaturas de Geometría Descriptiva I y II el desarrollo de una serie de competencias específicas, que sirven de base para su desarrollo en término de subcompetencias y unidades de competencias.

Las competencias específicas asignadas a Geometría Descriptiva I son:

- *E04: Aplicar con destreza el sistema diédrico de representación en toda su extensión.*
- *E07: Analizar, interpretar y conocer la geometría espacial de los cuerpos para deducir sus propiedades geométricas.*

Las competencias específicas asignadas a Geometría Descriptiva II son:

- *E06: Dominar e interrelacionar los sistemas de representación espacial: axonométricos, cónico y de planos acotados*
- *E07: Analizar, interpretar y conocer la geometría espacial de los cuerpos para deducir sus propiedades geométricas.*

Las competencias específicas asignadas a Geometría Descriptiva I se han desagregado en los programas y proyectos docentes en las siguientes subcompetencias:

- Generar e interpretar proyecciones diédricas.



- *Determinar la forma, magnitud y posición de entidades geométricas básicas*
- *Determinar la influencia del asoleo en edificaciones y su entorno.*
- *Emplear la homografía como alternativa procedimental.*
- *Identificar superficies geométricas propias de arquitectura e ingeniería y deducir sus características.*
- *Obtener la aproximación discreta de superficies.*
- *Individualizar un cuerpo en el espacio según condiciones prefijadas.*
- *Analizar las interrelaciones entre superficies y/o cuerpos.*

Las competencias específicas asignadas a Geometría Descriptiva I se han desagregado en los programas y proyectos docentes en las siguientes subcompetencias:

- *Generar e Interpretar perspectivas axonométricas bajo distintas condiciones.*
- *Obtener proyecciones acotadas y utilizarlas como instrumento.*
- *Rigorizar geoméricamente bocetos perspectivos.*
- *Verificar la congruencia de la representación de una entidad en diferentes sistemas.*
- *Emplear una perspectiva como instrumento de creación, estudio y comunicación de sistemas de Arquitectura e Ingeniería.*
- *Restituir imágenes perspectivas y las condiciones de su generación.*
- *Interpretar planos topográficos.*
- *Solucionar los movimientos de tierra contemplados en un proyecto.*
- *Diseñar y resolver geoméricamente la cubrición de recintos en función de variables proyectuales, constructivas y/o urbanísticas.*
- *Comprobar y determinar las características geométricas de una cubierta.*

Estas subcompetencias admiten a su vez otra descomposición en elementos de menor entidad denominados unidades de competencia y que permiten pormenorizar las distintas capacidades que debe adquirir el estudiante, facilitando y dirigiendo la elaboración de los contenidos necesarios a tratar para la adquisición de las citadas competencias.

Desde un punto de vista formativo, el programa de la asignatura desarrolla las competencias específicas asignadas a la asignatura en subcompetencias o unidades de competencia (agrupadas por el bloque temático de contenidos). El proyecto docente concreta las subcompetencias para cada lección o tema en elementos de competencia.

En términos generales, las competencias referidas con anterioridad, son como en principio parece que deben ser, expresiones y capacidades puramente geométricas, pero en nuestra opinión, debería ser entendibles en gran parte, por quien las lee y aun no ha trabajado la asignatura.

Proponemos la redacción de las competencias específicas de la asignatura en términos más cercanos a la terminología en la que se definen las atribuciones profesionales de los futuros egresados en lo que a la Geometría Descriptiva se refiere y en clara sintonía, con la tendencia en su redacción atendiendo a lo que el alumno, será capaz de hacer cuando las adquiera.

De manera conjunta, para la Geometría Descriptiva realizamos la siguiente propuesta:

Competencias específicas:

- **EN1: Elegir el modo más adecuado de representar un cuerpo geométrico según nuestras necesidades.**
- **EN2: Realizar con diligencia y precisión la representación geométrica en los sistemas diédrico, axonométrico, cónico y de planos acotados.**
- **E07: Analizar, interpretar y conocer la geometría espacial de los cuerpos para deducir sus propiedades geométricas.**
- **EN3: Interrelacionar representaciones de un cuerpo en los distintos sistemas de representación, comprobando que en todas ellas se cumplen las propiedades que lo caracterizan.**

El siguiente paso, sería el de desglosar estas competencias en subcompetencias. Con este desglose, se lograría evaluar a los estudiantes en términos más cercanos a sus atribuciones así como elaborar. Con un posterior desglose en elementos de competencia se perfeccionaría la evaluación y pasaríamos a proponer una reelaboración de los contenidos, tareas que reservamos para próximas ocasiones.

4.- CONCLUSIONES.

Creemos haber conseguido redactar las competencias en unos términos en los que, el estudiante que lee por primera vez el proyecto docente, sea capaz de entender las capacidades que va a alcanzar una vez que la supere.

No debemos olvidar que, dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje, es muy importante que el estudiante sepa qué capacidades va a adquirir y cómo se le va a evaluar la adquisición de las mismas. La nueva redacción propuesta facilita en nuestra opinión este aspecto.

Referencias bibliográficas

González Monsalve, M. Palencia Cortés, J.: *Dibujo Técnico II. Geometría Descriptiva*. Los autores, 1991.

Rodríguez de Abajo, F. Javier y otros. *Geometría Descriptiva*. Ed. Donostiarra, San Sebastián y Ed. Farvil, Alcoy. Varias ediciones.

Taibo Fernández, A. *Geometría Descriptiva y sus Aplicaciones*. Ed. Tebar Flores. Madrid. 1983.



EDUCACION PARA EL DESARROLLO DESDE LA TOPOGRAFIA

Daniel ESTEVEZ RUIZ
Maria del Mar CENALMOR SAEZ

Universidad Europea de Madrid
Departamento de Gestión de la Edificación

Palabras Clave: cooperación, levantamiento topográfico, estación total
Desarrollo humano, formación en valores, itinerario, radiación

Resumen

Cuando se imparten las asignaturas técnicas en las ingenierías, en asignaturas como Topografía, la preparación en conocimientos y procedimientos técnicos suele ocupar toda la programación de la asignatura. Impartimos una gran especialización y solemos dejar de lado la formación humanista. Aunque el docente no lo programe, también estamos transmitiendo actitudes y valores a nuestros alumnos. En suma debemos prepararles no solo para el desarrollo de una actividad profesional sino contribuir también a su desarrollo como personas, que asuman nuevos retos que la sociedad plantea.

A través de una práctica de topografía cuyos datos de campo han sido tomados en El Salvador (América Central), presentada como una actividad realizada dentro de un entorno de cooperación, se pretende que el alumno además de aplicar los conocimientos desarrollados en la asignatura, en torno a la práctica, desarrolle otra serie de tareas.

El trabajo obtenido se evalúa a través de rúbricas.

Summary

When you teach technical subjects in engineering, in subjects such as topography, the preparation in knowledge and technical procedures usually occupies the entire schedule of the subject. We provide with a highly specialized and usually neglecting the humanistic training. Although the teacher is not scheduled, we are also transmitting attitudes and values to our students.

In short, we must prepare not only for the development of a profession, but also contribute to their development as people who take on new challenges posed by society.

Thus arose the idea of preparing an activity within the course of surveying, an activity that would lead other content related to human development.

Justificación del trabajo

En la programación de la asignatura de topografía se aprecia dentro de ella varios aspectos que se contemplan en la práctica:

Competencias y resultados del aprendizaje que el estudiante adquiere con dicho materia, es decir que el alumno, al cursar esta materia, será capaz de:

- Interpretar la cartografía y planos topográficos que intervienen en un proyecto
- Realizar con efectividad tomas de datos a simple vista y levantamientos mediante dibujos a mano alzada, aplicada a terrenos, con dimensiones aproximadas, proporcionalidad y calidad gráfica.
- Trabajar con instrumentación topográfica y de medición digital y proceder al levantamiento gráfico de solares
- Trasladar al dibujo el resultado de un levantamiento realizado con medios manuales o digitales.
- Conocer los procedimientos y métodos infográficos y cartográficos
- Referenciar los lugares geográficos y los elementos de la edificación a sistemas de información preexistentes.
- Representar sobre el terreno en verdadera magnitud y con suficiente precisión, los datos de un proyecto para proceder a la ejecución del mismo.
- Conocer el transporte de coordenadas aplicado al replanteo de obra.

A todas estas competencias específicas de la asignatura, pueden sumarse competencias transversales como el trabajo en equipo, la capacidad de innovar y el comprender la responsabilidad social.

3.- OBJETIVOS PLANTEADOS

Objetivo genérico

Contribuir al desarrollo profesional aplicando metodologías de cooperación al desarrollo.

Objetivos específicos

- Acercar la realidad de las comunidades campesinas de los países empobrecidos a los estudiantes de enseñanzas técnicas superiores
- Aprender a planificar el desarrollo de un trabajo
- Saber integrar información
- Realizar cálculos, planos y toda la documentación precisa para el trabajo
- Realizar exposición y saber transmitirlo, lo que se cuenta se sabe

4.-METODOLOGIA APLICADA

El desarrollo del trabajo gira en torno a la idea de introducir en la asignatura conceptos en torno a la cooperación y el desarrollo humano, exponiendo un caso y desarrollando la práctica empleando el aprendizaje basado en problemas (ABP).

Descripción de la experiencia

La actividad se programó empleando material facilitado por Ingenieros sin Fronteras realizado por Agustí Pérez Foguelt.

El material facilitado sirvió de base para la preparación de la práctica, en torno al caso propuesto.

Este consistía en una presentación sobre la dimensión social del reparto de tierras entre los habitantes de la zona, y las tablas de itinerarios y radiaciones, que se suponían obtendrían allí.

Se trabaja sobre la aplicación de la topografía en la medición de tierras de pequeños agricultores, en los procesos de acceso a la propiedad de la tierra.

Se expone a los alumnos el caso, a través de una pequeña clase magistral el planteamiento del problema, sobre el que deben investigar, obtener información para posteriormente debatir en clase.

Posteriormente deben planificar el trabajo, suponiendo que, en base a esa planificación un equipo viaja a la zona a realizar el trabajo, y que volverán con los datos precisos.

En esta planificación deberán realizar un correcto estudio de accesos, y medios disponibles tanto técnicos como humanos. Deberán tener en cuenta la integración en los equipos de trabajo de habitantes de la zona. El alojamiento una vez allí se realizaría en familias, con lo que se garantizaría una inmersión completa.

En el desplazamiento a la zona de trabajo se estudiarían rutas de acceso, siendo imprescindible el uso de transporte animal, debido a la orografía del terreno y la excesiva pendiente de la zona. Habría que valorar tiempo de desplazamientos, de tal modo que vieran la posibilidad de tener que acampar en la zona de trabajo.

Esto llevaría consigo el tener que realizar una planificación completa de los equipos a trasladar, recursos humanos, técnicos y animales, y sobretodo resolver el problema de la carga de las baterías de los equipos, proponiendo soluciones.

Deberán realizar una radiación y en caso de ser preciso, la elaboración de un itinerario que una las bases de estacionamiento y que debería ser compensado. A través de la radiación se obtendrá la planimetría del contorno de las tierras que permitirá realizar la posterior reparcelación.

A raíz de la toma de datos de la radiación, ángulos y distancias a los puntos que constituirían la nube de puntos, se realizarán los cálculos precisos a través de programas informáticos como PROTOPO o MDT, y se obtendrán los planos de la zona. Pudiendo obtener datos de superficies y perímetro, lo que permite realizar el proyecto de reparcelación.

El trabajo se programa en grupo, donde ellos se distribuyen las tareas a realizar y cada uno se responsabiliza de su parte y en función a ella será evaluado.

Posteriormente deberán presentar en clase una pequeña presentación donde expongan todo el proceso al cuál se han tenido que enfrentar, donde han encontrado dificultades. En él expondrán sus conclusiones sobre el trabajo realizado, sobre todo lo que



supone para los habitantes de la zona todo el proceso de reparcelación realizado por ellos.

Con todo esto se pretende:

- Utilizar el conocimiento como puesta al servicio del derecho a vivir dignamente
- Aplicar los conocimientos desde la interdisciplinidad crítica
- Aplicar lo aprendido a los límites sociales y ambientales
- Resolver problemas aplicando el método basado en problemas.

4.1 Enunciado del problema

Al alumno se le facilita una serie de documentación para integrarle en el estado de la cuestión. Se dispone de una serie de diapositivas donde se expone la situación, con apoyo a páginas web y varias lecturas, a escoger dos o tres por el alumno, y bibliografías de apoyo, que deberán ampliar buscando a través de bases de datos bibliográficas. También se entregan los datos obtenidos en campo para poder desarrollar los ejercicios.

Entre los datos facilitados se les daba la ubicación concreta de los terrenos, para que pudieran a través de aplicaciones de internet localizarlas y poder tener la mayor información posible.

Es el caso de la Descripción técnica del lote de terreno propiedad de Daniel Salguero, ubicado en el caserío de Toreras, Cantón Los Naranjos, Municipio de San Francisco Morazán, en el Departamento de Chalatenango.

La ubicación del lote será proporcionada por el plano que se anexa a este documento y la descripción de los linderos del mismo se presenta a continuación.

Lindero Norte

Partiendo de la esquina Norte se miden los rumbos y las distancias siguientes:

Rumbo Sureste de $50^{\circ}10'33''$, y 36 metros 12.5 centímetros; de allí Rumbo Sur-este de $48^{\circ}36'02''$, y 30 metros 95.5 centímetros; de allí Rumbo Nor-este de $89^{\circ}50'19''$ y 2 metros 42.4 centímetros; de allí Rumbo Sur-este de $44^{\circ}28'18''$ y 4 metros 60 centímetros; de allí Rumbo Nor-este de $89^{\circ}59'18''$ y 1 metro 28.7 centímetros; colindando en todo este recorrido con el terreno de Desiderio Salguero; de allí Rumbo Sur-oeste de $50^{\circ}42'03''$ y 6 metros 2.6 centímetros; de allí Rumbo Sur-este de $39^{\circ}37'18''$ y 46 metros 91.5 centímetros; de allí Rumbo Sur-este de $84^{\circ}29'17''$ y 25 metros 66.4 centímetros; de allí Rumbo Sur-Este de $75^{\circ}19'50''$ y 10 metros 42 centímetros; de allí rumbo Sur-este de $44^{\circ}04'25''$ y 8 metros 59.6 centímetros; colindando en todo este recorrido con el terreno de Bartolomé Salguero.

Lindero Este

Partiendo del último punto del lindero Norte se miden los rumbos y distancias siguientes:

Rumbo Sur-este de $7^{\circ}25'14''$, y 42 metros 40.6 centímetros; de allí Rumbo Sur-oeste de $9^{\circ}24'42''$, y 11 metros 36.8 centímetros; colindando en todo este recorrido con el terreno de Macedonio Chavarria .

Lindero Sur

Partiendo del último punto del lindero Este se miden los rumbos y las distancias siguientes:

Rumbo Sur-oeste de $54^{\circ}21'25''$, y 64 metros 3.2 centímetros; de allí Rumbo Nor-oeste de $68^{\circ}31'42''$, y 38 metros 36.1 centímetros; de allí Rumbo Nor-oeste de $54^{\circ}26'26''$ y 40 metros 44.6 centímetros; colindando en todo este recorrido con el terreno de Bartolomé Salguero.

Lindero Oeste

Partiendo del último punto del lindero Sur se miden los rumbos y las distancias siguientes:

Rumbo Nor-oeste de $13^{\circ}14'03''$, y 60 metros 80.4 centímetros; de allí Rumbo Nor-oeste de $36^{\circ}55'48''$, y 36 metros 77.5 centímetros; colindando en todo este recorrido con el terreno de Bartolomé Salguero; de allí Rumbo Nor-este de $24^{\circ}19'48''$ y 68 metros 64.2 centímetros; colindando en todo este recorrido con el terreno de Macedonio Chavarria.

El terreno así descrito tiene un área de 15857.1271 metros cuadrados, equivalente a 22688.82 varas cuadradas.

El enunciado planteado sería el siguiente:

El ejercicio se basa en un proyecto realizado en el Caserío de Las Toreras, del departamento de Chalatenango, en El Salvador, durante el verano de 2000.

Este proyecto consistía en medir las parcelas rurales para poder legalizarlas posteriormente. Para que los campesinos pudieran legalizarlas, necesitaban un plano de sus tierras, a una escala grande, y el cálculo del área de cada parcela.

El trabajo se va a dividir en dos zonas:

En la primera se midieron las parcelas correspondientes a Daniel Salguero y a Desiderio Salguero;

La segunda zona estaba formada por 8 parcelas contiguas.

En la primera zona construimos dos itinerarios cerrados, uno para cada parcela, partiendo de un punto en común A [1]. A partir de las estaciones de los itinerarios se radiaron los puntos de los límites de los terrenos. Estos itinerarios se tomaron con taquímetro y mira. Aun sin ofrecer mucha precisión en distancia, para este trabajo fue suficiente.

Para la segunda zona se construyó un itinerario principal cerrado de 7 tramos (correspondiente a la línea amarilla discontinua [2]). Se midió con estación total, a fin de reducir el error en distancia. Partiendo de las estaciones del itinerario principal, se construyeron varios itinerarios secundarios (línea roja discontinua) y una estación destacada desde el punto 1.

3 – A' – B' – 7A

7 – 7A – 7B – 7C – 7D – 7

7 – A – B – C – A

3 – A – B – C – A

7 – 1702 – 3 – 170104 – A' – 4

7 – A – B – C – D – E – F – G

Los números del 1 al 7 corresponden al itinerario principal, y las letras a los itinerarios secundarios.

Desde cada una de las estaciones de estos itinerarios se radiaron los puntos de delimitación de los terrenos.

En el momento de calcular, sólo se tendrá en cuenta la planimetría, ya que la finalidad de los planos es el cálculo de áreas.

Se pedía por tanto que en el terreno de Las Toreras, que pertenece a Desiderio Salguero. Se proporcionan los datos del itinerario, mediante taquímetro más radiación. Se pide realizar los cálculos de la planimetría, obteniendo las coordenadas de los límites con hoja de cálculo, que se proporciona. A continuación, se pide elaborar el plano y redactar la descripción técnica del terreno.

Se les facilitaba los datos técnicos:



Ejercicio propuesto.

Tenemos una hoja de datos tomada en campo. Calcular las coordenadas de las estaciones de los itinerarios así como de los puntos radiados.

$$\theta_A^{\circ} = 135^{\circ}$$

Coordenadas de A:

X 902,377
Y 2123,349

Estación	Punto	Posición círculo	Ángulo Horizontal			Hilos			Ángulo Vertical		
			Grados	Min	Seg	Ls	Lc	Li	°	'	"
A	G	D	329	32	52				91	24	52
	B'	D	216	18	21	2,720	2,600	2,480	55	39	17
	G	I	149	32	47				268	24	36
	B'	I	38	18	20	3,080	3,200	3,320	305	3	33
B'	A	D	74	42	28	3,698	3,600	3,493	116	6	53
	C	D	230	37	21	3,265	3,100	2,933	65	42	40
	A	I	254	42	48	3,798	3,700	3,595	244	10	27
	C	I	50	37	46	2,665	2,500	2,333	293	15	42
C'	B'	D	104	57	41	3,653	3,500	3,345	107	19	59
	D'	D	58	14	57	3,698	3,500	3,301	90	15	46
	B'	I	284	57	20	3,552	3,400	3,240	252	27	37
	D'	I	238	14	16	3,598	3,400	3,200	269	35	33
	C1	I	84	43	37	3,259	3,200	3,141	89	55	57
	C2	I	90	38	2	3,256	3,200	3,144	89	57	42
D'	C	D	363	4	56	3,902	3,700	3,498	82	59	10
	E	D	159	47	6	1,772	1,600	1,425	94	11	22
	C	I	183	5	42	3,500	3,300	3,098	276	26	37
	E	I	339	47	36	1,672	1,500	1,325	263	38	35
	D1	I	184	25	22	1,500	1,341	1,182	276	17	14
	D2	I	336	2	28	2,280	2,100	1,920	265	57	24
E	D'	D	136	15	18	2,572	2,400	2,224	81	53	38
	F	D	45	49	25	2,207	2,000	1,788	107	33	54
	D'	I	316	14	44	2,172	2,000	1,824	277	27	1
	F	I	225	49	28	3,105	2,900	2,693	253	40	10
	E1	I	221	39	3	3,075	2,900	2,724	253	28	35
	E2	I	221	12	41	2,130	1,900	1,662	251	34	40
F	E	D	85	29	9	0,910	0,700	0,490	72	37	21
	D	D	315	51	29	1,800	1,700	1,600	105	54	1
	E	I	265	29	7	0,710	0,500	0,290	287	6	10
	G'	I	135	50	57	1,700	1,600	1,500	253	48	40
	F1	I	49	22	51	2,745	2,700	2,650	257	6	42
	F2	I	57	58	46	1,300	1,200	1,100	249	28	28
G'	F3	I	68	33	36	3,474	3,400	3,326	246	7	48
	F	D	16	19	35	1,800	1,700	1,600	72	18	21
	A	D	261	38	48	3,870	3,600	3,330	83	56	28
	F	I	196	18	52	1,700	1,600	1,500	287	25	1
	A	I	81	38	8	3,870	3,600	3,330	276	3	35

Tabla 1 datos obtenidos en campo del terreno de Bartolomé Salguero

Hoja: 1			Propietario: Daniel Salguero.			Fecha: 21/07/2000					
Error de colimación:											
Hora: 08:55 am											
Est	Punto Observado del Circulo	Posicion	Angulo Horizontal			Ls	Lc	Li	Angulo Vertical		
			Grados	Min	Seg				Grados	Min	Seg
C	D	D	319	19	30	2,709	1,900	1,097	97	50	0
	B	D	30	48	32	2,686	2,400	2,110	85	8	38
	D	I	139	19	29	2,609	1,800	0,995	262	7	41
	B	I	210	49	0	3,288	3,000	2,711	275	27	11
	C1	I	212	5	45	1,412	1,155	0,900	273	59	53
	C2	I	236	8	32	3,465	3,300	3,130	281	47	36
	C3	I	253	45	49	1,230	1,100	0,970	275	7	16
B	C4	I	264	27	26	1,602	1,500	1,398	275	6	0
	C5	I	72	2	26	1,412	1,300	1,186	262	53	56
	C6	I	72	41	53	1,325	1,200	1,072	262	54	56
	C7	I	79	34	43	2,770	2,585	2,400	259	13	6
	C	D	255	52	36	2,485	2,200	1,910	92	46	6
	A	D	89	29	2	3,010	2,500	1,993	86	33	7
	C	I	75	52	39	2,585	2,300	2,009	267	19	44
A	A	I	269	29	7	3,702	3,200	2,693	273	50	31
	B1	I	271	18	56	2,797	2,400	2,008	275	38	24
	B2	I	277	14	55	2,148	1,900	1,662	273	23	53
	B3	I	279	47	4	1,035	0,800	0,563	272	21	25
A	B	D	47	21	39	3,908	3,400	2,901	91	29	42
	E	D	112	1	55	2,413	1,800	1,185	109	34	46
	B	I	227	21	27	3,803	3,300	2,792	268	26	50
	E	I	292	1	12	3,708	3,100	2,497	251	1	33
E	A1	I	33	5	35	2,568	2,500	2,428	260	11	11
	A	D	242	15	29	1,640	1,100	0,560	85	39	43
	D	D	23	4	52	2,720	2,100	1,485	69	43	14
	A	I	62	15	42	1,640	1,100	0,560	274	14	35
	D	I	203	4	35	2,510	1,900	1,285	290	11	5
	E1	I	43	19	58	1,350	1,100	0,847	248	14	40
	E2	I	73	26	46	0,990	0,800	0,610	245	11	24
	E3	I	100	15	24	1,090	0,900	0,710	241	14	7
D	E4	I	148	5	5	2,000	1,800	1,600	244	36	45
	E	D	332	52	55	1,240	0,700	0,160	94	43	15
	C	D	42	17	47	2,810	2,000	1,190	81	41	27
	E	I	152	52	12	1,740	1,200	0,660	265	32	39
	C	I	222	17	31	2,810	2,000	1,190	278	18	41
	D1	I	179	5	34	2,470	2,100	1,730	243	18	17
	D2	I	220	11	17	2,045	1,700	1,355	244	6	55
	D3	I	242	15	8	3,520	3,100	2,680	254	22	43

Tabla 2 datos obtenidos en campo de Daniel Salguero

4.2 Planteamiento del problema

La clase comienza con la introducción a la problemática de la tierra y el desarrollo agrícola en los países en desarrollo. Se analizan las relaciones entre la falta de acceso a la propiedad de la tierra y la pobreza, así como los movimientos campesinos y las reformas agrarias que se han producido a lo largo de la historia en la América latina.

En los procesos de acceso a la propiedad de la tierra uno de los problemas que surge son los trabajos topográficos debido al coste elevado que tienen, difícil de asumir por parte de las familias campesinas.

Se explica el procedimiento de acceso a la propiedad de la tierra y los requerimientos para la legalización de los terrenos. Estas cuestiones permiten entrar en cuestiones más técnicas, con la planificación de los levantamientos en función de las características de los terrenos y de los procedimientos que vayan a utilizarse.

Por último se estudian las diferentes técnicas topográficas que podrían emplearse para el desarrollo del trabajo, aparatos ópticos-mecánicos, estaciones totales y GPS. Así como las etapas que se deben seguir en gabinete.

4.3 Ampliación de información

Se les propone que realicen una lectura de dos o tres de los textos que se les ofrece, así como una búsqueda a través de internet para ampliar información, de la zona y de la problemática que vamos a tratar, sobre todo que ha ocurrido desde 2002, que es la fecha de la obtención de los datos.

4.4 Puesta en común y debate en clase

Con la información obtenida se expone cada grupo lo que ha encontrado y se les pide que lo comenten en voz alta de modo que se plantee la situación y nos pongamos en el lugar donde se desarrolla el trabajo, localización, entorno, sociedad, etc..... Es decir acercarse a la cultura de la zona y comentar su opinión respecto al trabajo a desarrollar.

4.5 Desarrollo del trabajo



A continuación, situados en la zona, han de hacer un ejercicio de planificación del trabajo, como si ellos estuvieran desplazados a la zona, ponerse en el lugar de las personas que allí tuvieron que realizar el trabajo de campo, presentar el planing del trabajo.

Este incluía:

Material necesario, personas que debían intervenir, incluso contar con gente de la zona involucrándola en el trabajo, duración, víveres etc.... y otra serie de elementos a tener en cuenta pues el desplazamiento se realizaba por una zona con una topografía muy determinada con la dificultad que ello representa.

Tuvieron a su vez que describir sobre un croquis como procederían a la realización del trabajo, los pasos que deberían dar con los que obtendrían los resultados que se les ha facilitado.

Ya con todos esos datos debían pasar a la parte de trabajo de gabinete donde elaborarían la documentación pedida.

4.6 Entrega del trabajo finalizado

Tras el desarrollo del trabajo, obtuvieron las tablas y los planos de las parcelas de las que realizaron el levantamiento.

Asimismo debían hacer una exposición que reflejara los pasos del trabajo realizado con la finalidad de contárselo a sus compañeros, de modo que cada grupo expusiera la problemática encontrada en su trabajo en concreto, pues eran de diferentes zonas geográficas con diferentes características.

Realizaron unos paneles para exponer en la universidad y poder mostrar el trabajo realizado.

5. EVALUACIÓN Y RESULTADOS

La práctica se evalúa a través de rúbricas de las diferentes fases del trabajo.

Valoración de la participación en el debate generado, a raíz de la clase magistral y de la búsqueda de información por parte del alumno, con calificación a través de rubricas completadas por los propios alumnos

Valoración de la resolución de los cálculos técnicos, planos y el poster para la difusión del trabajo en la universidad

Valoración de la exposición de una presentación del proceso realizado con sus conclusiones, valorado a través de rúbricas entre los propios alumnos.

Para el desarrollo del trabajo se emplearon programas de topografía avanzados que agilizaron la labor del técnico.

Finalmente concluyeron con las dificultades encontradas a la hora de realizar el trabajo, y aspectos que no tuvieron en cuenta.

Y por otro lado aspectos que hay que mejorar en el planteamiento de la práctica.

6. ASPECTOS SUSCEPTIBLES DE SER MEJORADOS

La falta de tiempo en la realización de la práctica hizo que el debate no se pudiera prolongar mucho tiempo, en un tema en el que es necesario reflexionar, e indagar más, en la temporalización sería necesario si se vuelve a realizar la práctica tenerlo en cuenta.

Lo ideal hubiera sido poder contactar con alguna asociación u ONG que realice estos proyectos y establecer contacto de los alumnos con personal de la ONG, con la finalidad de integrarlos más en el proceso.

7. CONCLUSIONES

Con esta experiencia se pretendía traspasar el recinto universitario, pero he querido evitar el quedarnos en un simple barniz cultural que complementa la formación técnica, el haber contactado con otras universidades, asociaciones y ONG's de la zona, con las posibilidades de comunicación que existen ahora hubiera sido el complemento que le falta a la práctica.

Ha sido positivo el hacerles trabajar en situaciones que desencadenan procesos de cambio, sobretodo hacerles reflexionar sobre ello y favorecer en ellos innovaciones para resolver determinados problemas.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Pérez Folguet, A., (2008) Cooperación para el desarrollo en el aula, Ingenieros sin Fronteras, ISBN: 978-84-691-8314-4

Boni Aristizabal, A., (2005) La educación para el desarrollo en la enseñanza universitaria como una estrategia de la cooperación orientada al desarrollo humano. Tesis doctoral.

9. ANEXOS

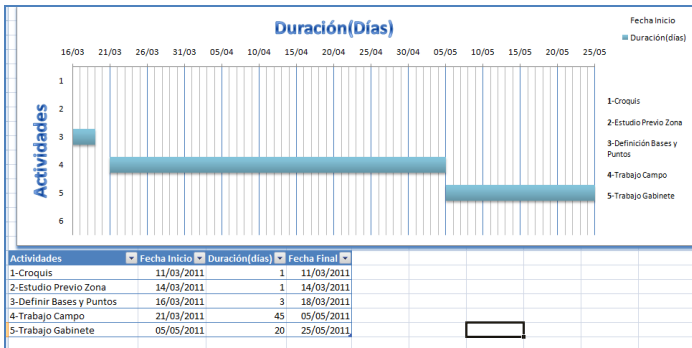




Ilustración 1 : Planificación

Práctica Nº 2 De Gabinete: El Salvador.

Descripción de la realización de la práctica

1. Logística

- En el trabajo de campo se tuvo que pensar en el modo de desplazar los equipos topográficos y al persona ya que a menudo solo se podía realizar a pie. Al tener este problema se tuvo que pensar en el peso que suponían los materiales, los alimentos, el agua, la recarga de baterías, entre otras cosas.
En las zonas donde se podía llegar con vehículos se utilizaron todoterrenos y para llevar el peso del material se utilizaron burros

En las fotos adjuntadas podemos ver como supone un problema llegar a los puntos de estudio.

- La organización de las tareas y revision de los trabajos para el día siguiente son fundamentales y se hacían pese a las duras condiciones, se realizaban a la noche.




Ilustración 2: trabajo presentado por los alumnos

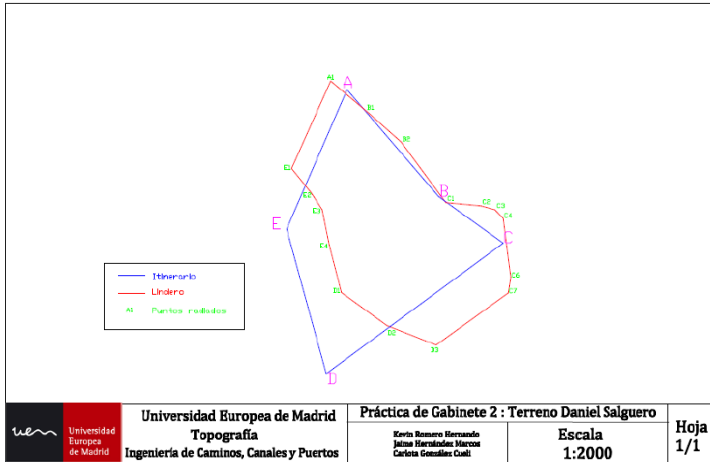



Ilustración 3: elaboración del plano

MEDICIONES TOPOGRÁFICAS EN PROCESOS DE ACCESO A LA PROPIEDAD DE LA TIERRA

REPERCUSIÓN SOCIAL:
La explotación agraria y la problemática de la tierra en los países empobrecidos de América Latina.



Autores:
Kevin Romero Hernando
Jaime Hernández Marcos
Carlota González Cueli

Ilustración 4: realización de presentaciones con power point

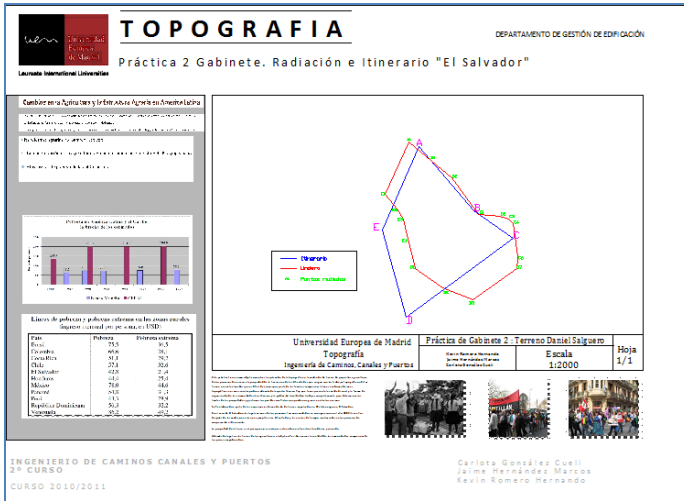


Ilustración 5 panel desarrollado por los alumnos para exponerlos a otros grupos

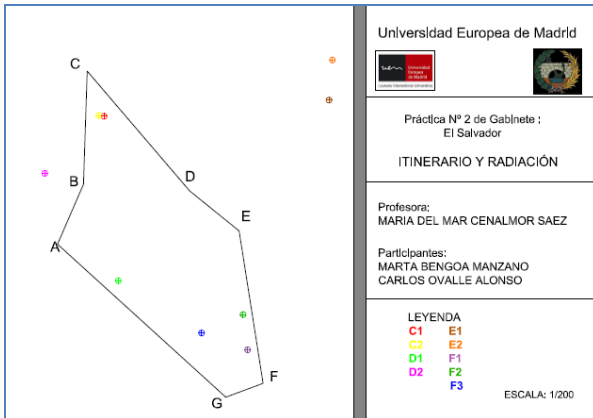


Ilustración 6. Trabajo desarrollado por los alumnos

ESTRATEGIA DOCENTE 4.0 EN LA ENSEÑANZA DEL DIBUJO A MANO ALZADA EN EXPRESIÓN GRÁFICA.

Caso de la Universitat de les Illes Balears y su aplicación a otros centros y materias relacionadas con la Expresión Gráfica. Educación 4.0

Antonio FERNÁNDEZ-COCA

Universitat de les Illes Balears
Área de conocimiento en Expresión Gráfica Arquitectónica
Departamento de Ciencias Matemáticas e Informática

Abstract

If we understand traditional teaching as 1.0, the use of participatory networks found in web 2.0 tools and the combination of both by using digital content available in Internet as 3.0, we could create the concept of TEACHING 4.0 if we put all together and produce the material by ourselves both in traditional media, off line, as well as material produced using the information and communication technologies (ICT), online.

This paper describes the case study we are developing and using at the Universitat de les Illes Balears, where this teacher combines F2F teaching, following the traditional parameters, with external support from web tools, such as video and social networks to produce specific content to support teaching in an open way and sharing it with you all.

This paper will show how, if you wish so, you can also do it by yourself.

INTRODUCCIÓN

La docencia del dibujo en Expresión Gráfica es una materia troncal que en la Universitat de les Illes Balears (UIB). Se imparte en el segundo semestre de primer curso de los estudios de Ingeniería en Edificación.

Desde el curso 2009-10 cuenta con sus planes de estudio adaptados al Área Europea de Educación Superior (Plan Bolonia). Es a partir de entonces cuando el autor de esta comunicación se hace cargo de esta asignatura, primero solo con un grupo y desde el curso 2011-12 con los dos que tenemos en la UIB, cambiando el sistema y metodología hasta entonces entendida.

Según las encuestas que les realizo como profesor, en los dos últimos cursos a inicios del semestre, el segundo, donde impartí la docencia, los alumnos con los que contamos vienen en un 90% sin base de dibujo a mano alzada, de estos, un 80% reconoce temer al dibujo y un 85% piensa que les será muy difícil o imposible aprender a dibujar según se necesita en nuestra asignatura. Del total, un 35% llega con nociones de dibujo técnico y un 96% maneja habitualmente la web 2.0, aunque de éste último tanto por ciento, solo un 10% reconoce y demuestra que sabe realizar esquemas y relaciones entre lo que lee y estudia.

En esta comunicación se cuenta cómo es el proceso estratégico de docencia 4.0 que, desde la labor del profesor y fomentando el trabajo presencial y no presencial, logra motivar al alumno para, a final de los dos últimos cursos los resultados inviertan los tantos por cientos antes mencionados en todo menos en el uso de las herramientas web 2.0, las cuales aprenden a trabajar y emplear como herramienta de apoyo a su aprendizaje del dibujo a mano alzada.

OBJETIVOS

Con la estrategia docencia 4.0 aplicada a Expresión Gráfica se busca lograr:

Plantear una comunicación profesional, y académica adaptada al Plan Bolonia, dirigida a un público joven, no acostumbrado a retener el mensaje (Boschma, 2007 p.191).

Lograr establecer una herramienta de motivación al alumnado que logre facilitar la enseñanza de su aprendizaje del dibujo a mano alzada en Expresión Gráfica y la valoración máxima del mismo.

Emplear un lenguaje en doble sentido, donde la participación sea una herramienta docente más que provoque la maduración profesional del alumno, a la vez que un elemento que le enseñe a relacionar conceptos, materias y fines que tendrán a lo largo de sus estudios.

Provocar un aprendizaje del dibujo a mano alzada según las normas propias del lenguaje arquitectónico en alumnos que parten con una base baja y con el que solo compartimos 60 horas presenciales y 90 de trabajo autónomo por parte de ellos.

CONTENIDO

Como profesor entiendo la docencia 4.0 como la unión de herramientas de enseñanza tradicionales junto con las que apuestan por un apoyo extra desde las propias de la web 2.0, sin olvidar un sistema de tutorías personalizadas y un cuestionamiento constante de los métodos docentes empleados, consultados a través de diversas encuestas realizadas a los alumnos a lo largo del curso.

En la UIB la media de edad de nuestros estudiantes en los tres últimos cursos es de 20 años. Se trata de jóvenes que se mueven entre jóvenes, que emplean un lenguaje y unas herramientas de comunicación contemporáneas en las que inicialmente reconocen en las encuestas que les hago a inicio del curso que no se plantean cómo llega a ellas los contenidos que desde ellas se les ofrecen.

Frente a ellos estamos los docentes, especialistas y profesionales en la materia, comunicadores de información que podemos adaptarnos y lograr unir métodos tradicionales, donde la teoría bien explicada, los ejercicios razonados y las referencias a otros autores pueden enriquecerse con el uso, como apoyo y no sustitución de nuestra labor presencial, de las tecnologías web 2.0 que emplean habitualmente nuestros estudiantes.

Como herramientas web 2.0 entendemos el uso de webs participativas, canales de video, herramientas de comunicación como pueda ser Twitter o redes sociales como Facebook. Estas herramientas también se conocen bajo la denominación TIC, tecnologías de la información y la comunicación.

1. Proceso estratégico realizado

Para establecer un resultado que nos permita desarrollar nuestra docencia bajo unos criterios 4.0 he seguido la siguiente estrategia, la cual se hace de forma abierta para facilitar que a partir de sus bases se pueda adaptar por otros docentes a sus propias materias y necesidades específicas.

1.1 Análisis DAFO de la situación de partida

Partiendo de una metodología de estudio de la situación de una empresa o proyecto, que adapto al proyecto docente, descubro las características internas (debilidades y fortalezas) de partida frente al alumnado y analizo también sus situaciones externas (amenazas y oportunidades).

Un resumen de los puntos más destacados de este análisis se puede ver en la siguiente tabla:

	Fortalezas	Debilidades
Análisis interno	Capacidad de aprendizaje. Ganas de aprender Nivel preuniversitario.	Miedo a trabajar en equipo. Miedo al dibujo a mano alzada. Recursos y capacidades escasas para relacionar materias. Ignorancia sobre cómo estudiar expresión gráfica de una forma eficiente. Desconocimiento de cómo tomar apuntes y referenciarlos con otros conocimientos del Grado.
	Oportunidades	Amenazas
Análisis externo	Conocimiento de la web 2.0. Uso de la comunicación en doble sentido (participativa, aunque a nivel individual).	Riesgo de dispersión en el aprendizaje. Riesgo de no aceptación del sistema estratégico planteado.

Tabla 1. Resumen del análisis DAFO del punto de partida de los alumnos. Fuente: del autor.



	Fortalezas	Debilidades
Análisis interno	Capacidad de aprendizaje. Conocimiento de la web 2.0. 20 años de experiencia docente. Experiencia en comunicación y marketing.	Posibilidad de agotamiento.
	Oportunidades	Amenazas
Análisis externo	Plan Bolonia. Automotivación mayor. Dinamismo en la docencia. Posicionamiento estratégico.	Carga de trabajo mayor.

Tabla 2. Resumen del análisis DAFO del punto de partida del docente. Fuente: del autor.

1.2 Análisis de problemas y soluciones tomadas

Partiendo de la experiencia adquirida en los tres últimos cursos, más lo que los alumnos han desarrollado en las diversas encuestas que les he pasado, observé las siguientes circunstancias, soluciones y adecuaciones a una estrategia docente 4.0. Los resumo en la siguiente tabla:

Circunstancia desde el alumno	Solución	Estrategia 4.0
No valora de partida el dibujo como asignatura troncal e importante dentro del Grado.	Generar una biblioteca visual que les permita conocer el porqué y el para qué del dibujo en Expresión Gráfica.	Contamos con un perfil en la red social Pinterest donde se comenten y referencien trabajos visuales ajenos. Éstos también se incorporan a algunos de los vídeos que realizo específicamente para esta asignatura. Todos ellos se analizan en el aula y en las tutorías. También se editan vídeos basados en experiencias reales de profesionales relacionados con la materia que están en activo.
Desconocimiento de la materia de la asignatura, así como de la existencia del lenguaje arquitectónico.	Fomentamos la observación y comparación con otros lenguajes. Mostramos su utilidad. Lo aplicamos constantemente. Lemke(2011)	Creamos una secuencia de vídeos específicos de apoyo, pensados por y para explicar la asignatura y, por tanto, lenguaje arquitectónico. Se realizan guiones partiendo de la idea de Berman (1988)
Desconfía en su poder de trabajo y superación. No sabe interrelacionar materias ni cómo estudiar Expresión Gráfica.	Modificamos su conducta desde estrategias participativas, dinámicas de grupo y casos prácticos en el aula.	Generamos un modelo de tutoría donde se refuerza lo positivo y se explica, con argumentos, la evaluación de cada trabajo. Todo ello delante del alumno.
Piensa que la evaluación es algo subjetivo	Se le deja claro que como en cualquier otro lenguaje, tenemos nuestras propias normas "lingüísticas", que son perfectamente evaluables.	En los cuadernos de trabajo se les valora por escrito, también se les razona en persona y en la intranet, de forma privada, pueden tener acceso a sus progresos. (Fernández-Coca, 2012)

Cree que el profesor es un ente ajeno a él, que no se involucra.	Se abandona el concepto lección magistral, como indica Bolonia, y se motivan dinámicas de grupo donde el docente participa activamente.	Definimos sesiones de tutoría, bajo cita previa. En las 3 que se realizan se siguen dinámicas propias del CRM. (Godin, 1999)
Se manejan muy bien en entornos web 2.0	Necesitamos conocer bien, como docentes, la filosofía de la web 2.0. Para ello aplicamos lo dicho por Boschma(2008), Wallace (2001) y Gil Martín(2009)	Desarrollamos una web específica bajo la URL www.ExpresionGrafica.es , desde ella también enlazamos a las diversas redes sociales que empleamos (youtube, Facebook, twitter, pinterest). Utilizamos las redes sociales para crear una nueva y propia red, como indicó Fernández-Coca(2003)
Desean material impreso	Se les enseña a tomar apuntes en clase.	Se les provoca tomar referencias escritas sobre materiales bibliográficos y vídeos que se les desarrolla para ellos.
No saben consultar referencias bibliográficas	Se les enseña y se les motiva a emplearlas y referenciarlas.	Se establece un foro en la intranet de la UIB con referencias y resúmenes de sus lecturas sobre Expresión Gráfica y otras relacionadas.
Emplean Smart Phones y tablets en el aula.	Se les permite su uso para consultar la web de apoyo de la asignatura y los vídeos generados.	Se plantea realizar una APP para móviles con un diccionario visual e interactivo sobre lenguaje arquitectónico. Se solicita como proyecto de innovación docente en junio de 2012.

Tabla 3. Circunstancia, solución y alternativa 4.0. Fuente: del autor.

1.3 Estrategia 4.0

A partir de lo analizado se plantea la puesta en marcha de un aprendizaje combinado, donde partiendo del concepto de que a dibujar se aprende dibujando, se genera una serie de material de apoyo a la docencia basado tanto en material *on line* y *off line*. Todo ello sin abandonar en ningún momento la presencialidad del docente y el alumno en las 60 horas lectivas asignadas a esta asignatura.

1.3.1 Estrategia presencial

Se divide la materia en 10 temas. Todos ellos tienen una carga teórica de entre una y tres horas. Se pueden conocer estos temas, y su desarrollo, desde la web www.ExpresionGrafica.es

Se definen prácticas relacionadas con estos temas. Ambas cosas: teoría y prácticas, se coordinan espacialmente a través de un cronograma que el alumno tiene presente en todo momento y que también puede consultar desde la web antes mencionada.

Se establecen dinámicas de grupo para analizar posibles soluciones a problemas planteados. Partimos desde lo planteado por Merhi (2010), Tapscott (2009) y Castellá (2011).

1.3.1.1 Evaluaciones desde las tutorías

Se monta una dinámica de tres evaluaciones donde el alumno trabaja los temas indicados desde el cronograma y bajo la cadencia de puntuación 10%, 20% y 30% consecutivamente para cada tutoría en la parte de trabajo de 60 horas y de un total del 40% para el trabajo autónomo de 90 horas.

El alumno presenta su trabajo de forma individual y directa con el profesor en las tres tutorías



obligatorias preestablecidas. El alumno también puede pedir sesiones de tutorías extras.

El alumno recibe su valoración de forma presencial en las tres tutorías obligatorias. En ellas el ritmo se marca desde una primera valoración de sus aciertos y un posterior diálogo sobre cómo mejorar sus errores. También se establece unas puntuaciones que son -4 para una parte del ejercicio no presentada, 0 para mal, 1 para regular, 2 para bien y 3 para ser lo esperado. Se considera el 4 cuando amplían el trabajo por su cuenta y 5 cuando el nivel es superior al conjunto de la clase.

En todas ellas el docente toma nota de las circunstancias de cada progreso, de cada alumno, constituyendo así su ficha, debidamente protegida en cuanto a los datos tomados, para lograr un mejor seguimiento de los avances de cada alumno.

Las puntuaciones, observaciones y referencias para mejorar su trabajo, se les dan por escrito y de forma privada sobre el cuaderno de trabajo de 60 horas, el cual se describe en el punto 1.3.2 y que tiene un espacio dedicado especialmente para ello.

1.3.2 Material off line

Se publican 2 libro cuadernos de trabajo. Uno para las 60 horas presenciales, en formato A4 y soporte rígido, y otro para las 90 horas de trabajo autónomo, en formato A3. Fernández-Coca (2012).

Se editan como una manera de normalizar las entregas, así como dejar estructurado y bien claro dónde y cómo se han de realizar los ejercicios, siguiendo el proceso "leer, esquematizar por escrito la petición, esquematizar en figuras geométricas básicas, realizar croquis básico, concluir con croquis final" que se ha marcado en las clases presenciales.

En ellos se explican estos procesos y todo lo relacionado con el entendimiento de la asignatura. En el de 60 horas también se incluye una copia del programa y del cronograma.

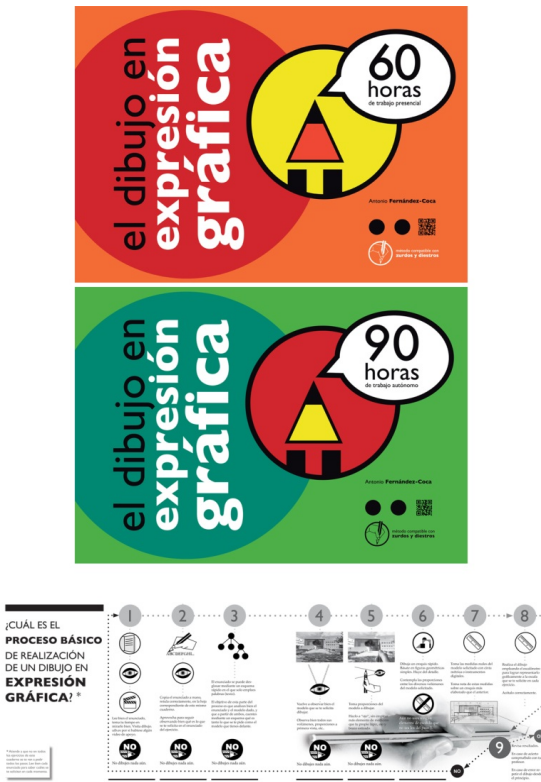


Fig 1. Portadas para los libros de trabajo de 60 y 90 horas, así como imagen de su interior . 2012. Fuente: Fernández-Coca

1.3.3 Material on line

Web

Se crea la web www.ExpresionGrafica.es, hospedada en la Universitat de les Illes Balears. Se busca una plantilla para la interfaz de usuario que sea legible, rápida de entender, compatible con plataformas y sistemas operativos actuales y que consuma poco ancho de banda. Se realiza empleando WordPress y MySQL, para lo que cuento con la ayuda de un técnico. Su intranet, de manejo por parte del docente, es transparente y sencilla.

Utilizo esta web para publicar de forma abierta los materiales de apoyo que genero, así como las fuentes bibliográficas y también como elemento cohesionador de las diversas redes sociales con las que también apoyo la docencia.

La estructura de los ejercicios publicados en esta web siempre es la misma: un vídeo que les edito específicamente, el pdf del ejercicio, breve descripción del tema, otros materiales relacionados y enlaces al programa y al cronograma de la asignatura.

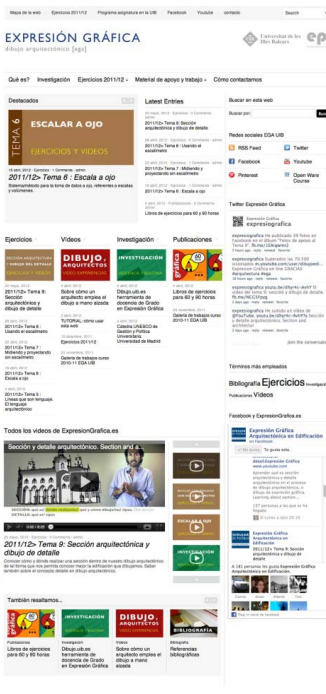


Fig 2. Estructura de la página de entrada a www.ExpresionGrafica.es . 2012. Fuente: Fernández-Coca

Fig 3. Estructura de las páginas de ejercicios en www.ExpresionGrafica.es . 2012. Fuente: Fernández-Coca



Vídeos

<http://www.youtube.com/dibujoedificacion>

Los vídeos han seguido siempre la misma estructura: presentación del tema y recuerdo, si procede, de lo ya visto en temas anteriores; cabecera; desarrollo del contenido; recuerdo de la necesidad de asistir a clase pues se trata de vídeos de apoyo a la docencia, no de sustitución de la misma; créditos y firma referenciando la posibilidad de uso de este material bajo licencia Creative Commons (Creative Commons España).

La decisión de hacer públicos todo este material, bajo la licencia Creative Commons, viene dada por la intención de compartir lo realizado con otros docentes y estudiantes, de tal forma que estos puedan emplearlo, para apoyar su propia docencia presencial, así como que puedan mejorar todo lo expuesto, lo vuelvan a compartir y así trabajemos bajo una filosofía de ganancia de todos en la evolución de nuestra área de conocimiento.

En los vídeos editados en el curso 2011-12 se cuenta con la presencia física del profesor. A esto se llega tras la última encuesta realizada en el curso anterior, donde se observa que un material explicado por una persona a la que se le pone voz y cara es mejor entendido y aprendido por los estudiantes.

En el curso 2011-12 se han editado diez vídeos y a mediados del mes de mayo de 2012 ya se contaba con más de 70.500 mil visionados. La mayoría de éstos viene de España, seguidos de Brasil, México, Colombia y Perú. Siendo un 87% vistos empleando la página de YouTube, un 7'8% desde otras webs, un 3'5% desde dispositivos móviles y un 1'7% desde otras plataformas. (Fuente: estadísticas YouTube a 22 de mayo de 2012).

Estos datos permiten conocer que la intención de abrir y permitir el uso de los materiales generados está siendo un objetivo cumplido.

Además, estas estadísticas permitieron completar más los datos de cada vídeo, con el objeto de poder direccionarlos hacia la web ExpresionGrafica.es y así facilitar el uso de los otros materiales generados y publicados en la misma como apoyo a la docencia y el aprendizaje de la Expresión Gráfica.

Pdf de los enunciados

Todos los temas previstos en el programa cuentan con sus propios ejercicios. Con el objetivo de evitar cualquier tipo de mala interpretación por parte de los estudiantes, se establece una plantilla base para estos enunciados, los cuales se pueden descargar en formato pdf desde la web www.ExpresionGrafica.es. Desde este mismo diseño creamos un storytelling visual que nos permite facilitar más aún la comprensión y sentimiento de grupo en la comunicación de nuestras intenciones, como ya contemplaba Salmon (2008).

Todos los enunciados contienen la siguiente estructura:

En la parte superior se encuentran los datos de la asignatura, código, web y nombre; el número del tema y título del mismo; código QR de la página web concreta, dentro de la web de la asignatura, donde está el vídeo y el resto del material de apoyo. Con ello logramos inmediatez a la hora de facilitarles la localización de este material.

En la parte central tienen una división en columnas con la siguiente estructura: En la primera columna encuentran una breve descripción del tema; competencias y tipo de actividad.

En la segunda columna tienen imágenes de apoyo al tema de cada momento, con referencias a los autores de las mismas si son diferentes al autor de esta ponencia.

En la tercera tienen el enunciado, dividido en partes, del ejercicio que han de realizar. Este enunciado lo han de copiar, rotulando perfectamente en la parte para ello asignada en los cuadernos de trabajo de 60 horas, con lo que promovemos la práctica y mejora de la rotulación.

En la cuarta columna conocen el material que necesitarán para trabajar, las herramientas permitidas y los objetivos que alcanzan con cada tema.

Existe la posibilidad de ampliar esta hoja de enunciado a otras si el tema lo requiere.

www.ExpresionGrafica.es

TEMA 9

SECCIÓN Y DETALLE

Univeritat de les Illes Balears
epi

Breve descripción del tema

No siempre basta con realizar un dibujo y una planta de una edificación. Sería necesario las veces en las que necesite representar más datos gráficos para facilitar el entendimiento de la misma.

Utilizando las secciones, horizontales y verticales, se conoce también el dibujo en detalle, así bajo una ampliación simple o un dibujo completo, podrá solucionar este problema.

Competencia

CE 1. Capacidad para interpretar y elaborar la documentación gráfica de un proyecto.

Tipo de actividad

Trabajo práctico personal

-4 0 1 2 3 4 5

Imágenes de apoyo

Enunciado del ejercicio a realizar

A) Busca el tema 9 en el libro de ejercicios "El dibujo en Expresión Gráfica de forma de trabajo profesional" (Ediciones ULL, ISBN 978-84-639-212-3).

B) El profesor te indicará en clase una edificación concreta. Habrá de realizar una sección de esta edificación, de carácter bidimensional, en cualquier perspectiva alguna en tu dibujo.

También habrá de seleccionar un detalle de la misma y realizar un dibujo de "detalle completo" sobre él.

C) Acto seguido todo de manera conjunta a la realidad. Realiza tu dibujo final a la escala que el papel soporte o sea el que dibujes en la pizarra.

D) Utiliza series tipográficas y anotaciones como necesites.

E) Entrega los páginas 103 y 116 de tu cuaderno para realizar este ejercicio.

Material necesario

Lápiz 2H, compás, libro de trabajo de 40 x 50 hojas.

Objetivos alcanzados con este tema

Continuamos aprendiendo sobre lenguaje arquitectónico.

Aprendemos a representar qué hay más allá de una planta y un alzado de una edificación.

Conocemos cómo y dónde seleccionar para lograr representar la edificación de la forma más correcta posible.

Analizamos la edificación y algunos cables de sus partes necesitan ser representados a nivel de detalle.

www.ExpresionGrafica.es

Instagram: @expresiongrafica
Twitter: @expresiongrafica
Facebook: @expresiongrafica
Pinterest: @expresiongrafica

www.ExpresionGrafica.es

SECCIÓN: qué es? dónde realizarlas? qué y cómo dibujarlas? tipos. Otro ejemplo
DETALLE: qué es? tipos

Fig 4. Modelos de enunciados en Pdf y de vídeo realizado para www.ExpresionGrafica.es . 2012. Fuente: Fernández-Coca

Canal twitter

<http://twitter.com/expresiongrafica>

Nuestra asignatura está sujeta a prácticas fuera del aula. En previsión de posibles malos entendidos, posibles tardanzas en llegar a la hora prevista de inicio, o imprevistos meteorológicos, se creó la cuenta de twitter asociada a www.ExpresionGrafica.es a modo de tablón de anuncios. Al final, y empleando el hashtag #egauib, también se usó para avisar de actualizaciones en los contenidos de apoyo al aprendizaje.

La experiencia en el curso actual es que pocos alumnos usan esta herramienta, solo un 15% del total, y que la miran desde su inserción dentro de la misma página web de la asignatura, que la mantiene en su lateral derecho.

Página Facebook

<http://www.facebook.com/adibujarseaprendedibujando>

Se generó una página en Facebook específica para la asignatura. En ella se dejan las fotografías de todos los gráficos realizados por el profesor en la pizarra a modo de ayuda para terminar de completar los apuntes que los alumnos han de elaborar y que son corregidos, así como puntuados, en cada tutoría.

El Facebook también permite introducir otras noticias. Un 80% de los estudiantes de este curso son "fan"



de nuestro Facebook con lo que la información sobre nuestra materia la tienen asegurada desde los muros de entrada de sus propios perfiles de Facebook.

Apuntes desde los alumnos.

Estos apuntes pasaron a la categoría de evaluables al comprobar que aquellos estudiantes que sí los tomaban, y sabían cómo hacerlo, lograban mejores resultados en su evolución.

Fue necesario invertir tiempo en las tutorías personales para enseñar a realizar apuntes ya que venían con una base baja o nula sobre cómo hacerlo.

Para el próximo curso publicaré una guía sobre el “cómo tomar apuntes en Expresión Gráfica”, buscando mejorar estos resultados.

Referencias desde Pinterest

<http://pinterest.com/egauib/>

Tomar referencias ajenas es aprender de los otros. Contar con una herramienta on line como es la red social Pinterest es algo que facilita el poder compartirlo con los estudiantes.

Se trata de la última red social incorporada a www.ExpresionGrafica.es por lo que en el mes de mayo de 2012 aún no está muy completada.

OWC

<http://ocw.uib.es/ocw/arquitectura/expresion-grafica>

Open Ware Course es una herramienta surgida de la colaboración entre la Universidad y Universia (<http://ocw.universia.net/es/>) y parte de un concepto del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), desde la que se da libre acceso al conocimiento a través de internet. Su interfaz es propia y el material que se publica en OWC sobre Expresión Gráfica elimina toda referencia a ejercicios específicos que se han de realizar directamente en la UIB.

La versión OWC de Expresión Gráfica de la UIB se hace pública el 15 de mayo de 2012. En el momento de redacción de esta ponencia no cuento con datos sobre sus resultados.

1.4 Resultados en el curso 2010-11 y 2011-12

Tras dos cursos implementando este sistema, sobre todo en el último, y empleando los resultados de las encuestas realizadas a final de ambos cursos, se puede establecer el siguiente DAFO de la situación actual.

	Fortalezas	Debilidades
Análisis interno	Se ha facilitado el aprendizaje. Aprenden a estudiar Expresión Gráfica. Aprendemos a interrelacionar todos los conceptos de la materia. Conocen bien el lenguaje arquitectónico. Aprenden a dibujar en 60 horas lectivas y en 90 horas de trabajo autónomo. Aprendieron cómo trabajar en equipo.	Necesitan el seguimiento del docente a lo largo del curso para evitar olvidos, abandonos y todo aquello que supone una bajada del nivel cuando hay periodos vacacionales por medio, y en este semestre está la Semana Santa y la Pascua.
	Oportunidades	Amenazas
Análisis externo	Conocimiento de la web 2.0. Refuerzo de la comunicación en doble sentido (participativa, aunque a nivel individual). Control de la dispersión en el aprendizaje.	Riesgo de perder práctica si no continúan estudiando.

Tabla 4. Resumen del análisis DAFO los resultados de los alumnos tras dos cursos. Fuente: del autor.

	Fortalezas	Debilidades
Análisis interno	Experiencia aumentada. Mayor conocimiento de la web 2.0. Desarrollo de la estrategia planteada con posibilidades de mayores mejoras.	Posibilidad de agotamiento.
	Oportunidades	Amenazas
Análisis externo	Plan Bolonia. Automotivación mayor. Dinamismo en la docencia. Posicionamiento estratégico. Nuevas publicaciones.	Carga de trabajo mayor.

Tabla 5. Resumen del análisis DAFO de los resultados del docente tras dos cursos. Fuente: del autor.

1.5 Planes de futuro

A lo largo de la estrategia DOCENCIA 4.0 se plantea también el que los alumnos vean soluciones a posibles malas circunstancias, también que todo es un paso para lograr algo más. Se les enseña a pensar y actuar en global también en el dibujo arquitectónico que se les explica en Expresión Gráfica.

A partir de estos parámetros, el docente se ha de aplicar la misma regla.

Por ello, y en función de las experiencias de estos dos últimos cursos se plantean las siguientes propuestas de mejora y progreso para estar activas a finales del próximo curso, 2012-2013, a más tardar.

1. Generar nuevos vídeos de apoyo.
2. Mejorar los contenidos de los libro cuadernos de trabajo para las 60 horas presenciales y las 90 de trabajo autónomo, incluyendo más ejemplos de los resultados esperados, así como fichas de autocorrección, partiendo de los modelo de la Universidad de Zaragoza (Agustín y otros, 2011) y Politécnica de Valencia (López González y García Valldecabres, 1999), sin descartar otros modelos de otras universidades.
3. Realizar una aplicación para Smart Phones y tablets, una app, compatible para iphone y android con una aplicación interactiva que facilite el aprendizaje y uso del lenguaje arquitectónico aplicado a la expresión gráfica.
4. Publicar un manual del docente con toda la estrategia, marcada jornada a jornada, de trabajo DOCENCIA 4.0 que también sirva como manual de estudio de la Expresión Gráfica en Edificación.

CONCLUSIONES

DOCENCIA 4.0, es una forma más de impartir clase. Es un paso más frente a lo que habitualmente se ha hecho, un paso que logra que el ritmo de aprendizaje del estudiante sea más rápido y efectivo. Con ella se ha logrado provocar una mayor motivación en el alumnado, del cual, en el último curso, un 25% del mismo ha presentado una serie de trabajos extra, debidamente controlados por el profesor, que les ha permitido obtener mejores resultados académicos.

Este sistema emplea las nuevas tecnologías sin abandonar las anteriores. Además, siendo consciente como autor de esta ponencia, de la dificultad añadida que conlleva la generación de materiales videográficos específicos, este sistema pone a disposición de toda el área de Expresión Gráfica todo este material para que pueda ser utilizado bajo la licencia de uso Creative Commons.

Es, también, una estrategia en crecimiento. Las cuatro propuestas de mejora y progreso que se desarrollan ya con vistas a ser finalizadas el próximo curso solo son algunas de las que se irán desarrollando desde la innovación docente que supone DOCENCIA 4.0.

Los alumnos han finalizado los dos últimos cursos con un aumento en cuanto a la mejora con respecto a cursos anteriores y a su punto de partida en los dos últimos cursos, donde han pasado de un 90% que se inicia sin base del dibujo a un 75% de aprobados en la suma de las tres evaluaciones, un 7% de abandonos y un 8% que no avanzan lo suficiente. También son más efectivos a la hora de plantear soluciones a problemas imprevistos. Todo ello sin olvidar que aprenden a interrelacionar las diversas materias del grado con Expresión Gráfica y cumplen las expectativas frente a las competencias planteadas.

Como docente este sistema provoca una mayor motivación, permite solicitar proyectos de innovación docente



y nos mantiene al día sobre las dinámicas de movimiento social en las que nuestros estudiantes se mueven y desde las que podemos introducirles mayores elementos de motivación en el trabajo y estudio de la Expresión Gráfica.

Referencias bibliográficas

Agustín, Luis; Fernández, Angélica; Miret, Elena; Peinado, Zaira; Vallespín, Aurelio. *Fichas de autocorrección de expresión gráfica arquitectónica*. Prensas Universitarias de Zaragoza. Zaragoza 2011.

Berman, Robert A. *Fade in: the screenwriting process*. Michel Wise Productions. New York, 1988.

Boschma, Jeroen. *Generación Einstein, más listos, más rápidos y más sociables*. Gestión 2000. Barcelona 2008

Castellà, J.M; Comellas, S; Cros, A; Vilà, M. *Entendre a classe. Estratègies comunicatives dels docents ben valorats*. Ed. Grao. Barcelona, 2011

Ching, Francis D.K. *Manual de dibujo arquitectónico*. Gustavo Gili. Barcelona, 2007

Creative Commons España. Universitat de Barcelona, visitada el 22 de mayo de 2012. <<http://es.creativecommons.org/pmf/>>

Di Gregorio, Silvana. Using nviso for your literature review. SdG Associates. Consultado el 12 de diciembre de 2011. <http://www.sdgassociates.com/downloads/literature_review.pdf>

Fernández-Coca, Antonio. *Bases Previas al desarrollo del guión gráfico para un sitio web multimedia*. Tesis doctoral. Universitat de les Illes Balears. Palma, 2003.

Fernández-Coca, Antonio. *El dibujo en Expresión Gráfica, 60 horas de trabajo presencial*. Edicions UIB. Palma, 2012

Fernández-Coca, Antonio. *El dibujo en Expresión Gráfica, 90 horas de trabajo autónomo*. Edicions UIB. Palma, 2012

Fernández-Coca, Antonio. *El uso de las redes 2.0 como herramienta de conquista del interés por la materia*. La cuestión universitaria. Boletín electrónico de la cátedra UNESCO de Gestión y Política Universitaria. Universidad Politécnica de Madrid. Consultado el 31 de enero de 2012. < http://www.lacuestionuniversitaria.upm.es/web/articulo.php?id_articulo=85>

Gil Matín, Víctor A. *Coolhunting. El arte y la ciencia de descifrar tendencias*. Empresa Activa. Barcelona, 2009

Godin, Seth. *Permission Marketing: turning strangers into friends and friends into customers*. Ed. Simon & Shuster. New York, 1999

Merhi, Richard. *Las claves de la participación estudiantil en el Proceso de Bolonia*. Universitat de Girona. Congreso UNIVEST, 2010.

Ministerio de Educación. *Estatuto del estudiante universitario*. Consultado el 10 de septiembre de 2011. < <http://www.boe.es/boe/dias/2010/12/31/pdfs/BOE-A-2010-20147.pdf>>

Misutu Ochoa, Gonzalo. *Manual de psicología de la comunicación*. Universitat de Valencia, 1996.

Lemke, J.K. *Using language in the classroom*. Oxford University Press. Oxford, 2011

López González, Concepción; García Valldecabres, Jorge. *El dibujo arquitectónico, casos prácticos*. Gráficas Martí Montaña s.l.. Valencia 1999.

Llorens Corraliza, S. *Iniciación al croquis arquitectónico*. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 1995

Pérez Tornero, J.M. *Comunicación y educación en la sociedad de la información, nuevos lenguajes y conciencia crítica*. Paidós Papeles de Comunicación. Barcelona 2000.

Pérez Tornero, J.M. *El desafío educativo de la televisión. Para comprender y usar el medio*. Paidós Papeles de Comunicación. Barcelona, 1994

Salaburu, Pello. *Lo bueno de mirar lo que sucede fuera*. La cuestión universitaria. Boletín electrónico de la cátedra UNESCO de Gestión y Política Universitaria. Universidad Politécnica de Madrid. Consultado el 31 de enero de 2012. < http://www.lacuestionuniversitaria.upm.es/web/articulo.php?id_articulo=79>

Salmon, Christian. *Storytelling. La máquina de fabricar historias y formatear mentes*. Ed. Península. Barcelona, 2008

Tapscott, D. y Williams, A.D. *Wikinomics: How mass collaboration changes everything*. Portfolio Trade, 2009

Unesco. *Declaración mundial sobre la educación superior en el siglo XXI: Visión y acción*. Consultado el 10 de septiembre de 2011. < http://www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration_spa.htm>

Vouillamoz, Núria. *Literatura e hipermèdia. La irrupció de la literatura interactiva: precedents i crítica*. Paidós Papeles de Comunicación. Barcelona, 2000.

Wallace, Patricia. *La psicología de Internet*. Paidós Transiciones. Barcelona, 2001

White, David S; Le Cornu, Alison. *Visitors & residents*. Tall Blog, online education with University of Oxford. Consultado el 15 de enero de 2012.

Zell, Mo. *The Architectural Drawing Course, understand the principles and master the practices*. Thames & Hudson. Londres, 2008



Víctor GAMERO BERNAL

Universidad Politécnica de Valencia
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica

Resumen

The learning of sketches has the difficulty of a new language. In this respect our aim is to assimilate a graphic language as we believe it is essential to both communicate and express in a professional way. Like any other language it needs to be shared and spoken in order to facilitate its learning process. We, therefore, propose an activity that consists in transforming a traditional exercise like self-sketches in a collaborative learning activity. In order to do this students will exercise a series of practical and individual architecture sketches but they will not have to sign them, drawings will be anonymous. In this way, we encourage students to assess and evaluate them together. Teachers will not be the authors nor their skills or abilities to draw. They will only have to act as mere group moderators assuming a less active role.

1. INTRODUCCIÓN

Esta actividad forma parte de un proyecto de innovación educativa, (PIE) de la Universidad Politécnica de Valencia, en colaboración con el Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) en el curso de Especialista Universitario en Pedagogía Universitaria (EUPU). Se enmarca dentro de la asignatura Dibujo Arquitectónico II, de la Escuela Técnica Superior de Gestión en la Edificación de la UPV, de la titulación de Grado en Ingeniería de la Edificación, segundo curso.

Las dificultades que observamos en el aprendizaje del dibujo de croquis son las propias del aprendizaje de un lenguaje. En nuestro caso se trata de aprender a manejar un lenguaje gráfico, esencial en nuestra comunicación y expresión a nivel profesional. Como otros idiomas, necesita "ser compartido" y "hablado" por los alumnos para facilitar su aprendizaje.

Sin embargo, tradicionalmente este lenguaje se ha tratado de manera individual, con un aprendizaje a través de lecciones magistrales y un trabajo autónomo. Se emplean muchas horas para asimilar conceptos y en bastantes ocasiones, si el trabajo autónomo no está bien guiado se emplea bastante tiempo en aprender algo que después cuesta más de "desaprender" y borrar de la memoria del alumno.

La actividad propuesta plantea introducir una actividad de AC informal en el contexto de una actividad autónoma para retroalimentar al alumno y mejorar el rendimiento en las tareas personales del dibujo técnico.

Sobre antecedentes, la búsqueda de bibliografía acerca del aprendizaje de croquis de arquitectura va siempre encarada a publicaciones gráficas. El contenido suele recoger dibujos de alumnos de cursos anteriores, incluso aplicación de técnicas gráficas sobre estos dibujos para maquetaciones, presentación...etc. No hemos encontrado material específico trasladable a nuestra asignatura.

2. OBJETIVOS

Se plantea una actividad que consiste en transformar un ejercicio tradicionalmente autónomo -como es el dibujo de croquis y toma de datos en el campo de la arquitectura- en una actividad de aprendizaje en grupo. Para ello, los alumnos realizarán un ejercicio práctico de croquis individual, pero no lo firmarán.

Los dibujos serán anónimos, de esa manera conseguiremos que sean "de todos". Si son de todos, podemos criticarlos, valorarlos y evaluarlos en conjunto. El profesor tampoco conoce los autores, no puede saber quién dibuja bien o mal, sólo moderar el grupo, asumiendo un papel menos activo propio de un aprendizaje colaborativo.

La finalidad del proyecto es la mejora de la expresión gráfica de los alumnos, contribuyendo a la tarea de ser competentes en este lenguaje. Los objetivos que persigue son:

- Destreza en el dibujo a croquis (precisión y rapidez). *No sólo se consigue con esta actividad, pero creemos que ayudará mucho a conseguir esta destreza.*
- Mejora del ambiente en clase. *Nos hemos propuesto mejorar la comunicación entre los alumnos a nivel académico en la clase.*

- Capacidad crítica. *Qué el alumno consiga, a través del trabajo compartido, establecer los límites entre un trabajo excelente / mejorable.*

3. CONTENIDO

Se establecen dos sesiones de trabajo:

Sesión A

Preparación: La de una clase práctica habitual de la asignatura.

Lugar: Exterior

Tipo: Clase práctica, croquis toma de datos.

Duración: 3 horas

Calendario: Al inicio del curso.

Tarea: Se plantea un ejercicio tipo, con una dificultad media-baja. Se pretende que la mayoría de los alumnos sean capaces de resolver holgadamente el ejercicio, con los errores propios / dudas en la realización que se suelen dar.

Una vez terminado el ejercicio, se recoge y se pide que no pongan el nombre. Al finalizar la clase, se explica a grandes rasgos que se va a hacer con ellos en la Sesión B y porqué se quiere que sean anónimos.

Seguimiento del profesor: Durante el ejercicio, la actitud es receptiva aportando pistas, pero dejando que los alumnos "se desenvuelvan". Se trata de crear un buen ambiente de trabajo por parte del profesor. Por otro lado, explicaciones excesivas podrían dar lugar a una exhibición de conocimientos, poco recomendable si queremos que participen.

Posibles inconvenientes / problemas: Puede que determinados alumnos se muestren negativos ante "compartir" el dibujo y no entiendan el objetivo final. Una solución a esto sería plantear una asistencia obligatoria a la clase y que se valore mínimamente en la evaluación.

Sesión B

Preparación: Se agrupan los trabajos en montones de 6 dibujos. La agrupación es aleatoria, se deben mezclar como si fuesen una baraja antes de hacer los montones. Es importante conservar en todo momento el anonimato y hacerlo saber posteriormente a los alumnos. Tras la preparación de la clase, debemos acondicionar un aula que permita crear grupos de trabajo de 4/5 personas.

Lugar: Aula

Tipo: Clase aprendizaje en grupo.

Duración: 2 horas

Calendario: Al inicio del curso.

TareaS:

B-1 (Duración: 1 hora)

Se distribuye la clase en grupos de 4/5 personas. De los ejercicios que cada grupo tienen, elegirán uno, el más representativo para aplicar los criterios y trabajar con él. Estos grupos realizarán actividades relacionadas con la evaluación colaborativa y la comparación de resultados, a través de los parámetros de valoración de los dibujos:

- 1. Elección de Vistas
- 2. Forma y proporción
- 3. Grafismo

Estos tres parámetros están ligados al ejercicio de la Sesión A, por lo que serán específicos a él. Una vez valorados, se les entrega una ficha tipo para que puedan evaluar los dibujos. La ficha debe incluir:

- Aplicación de criterios a los mismos: Vistas, forma, proporción y grafismo. Justificación de los aspectos positivos y



negativos del dibujo.

B-2 (Duración: 1 hora)

En otra parte del aula, se exponen los trabajos elegidos. Cada portavoz, acompañado de su grupo, expone los aspectos positivos y negativos del croquis. Cuando ha finalizado la exposición, el resto de grupos también pueden opinar fomentando la opinión / crítica sobre los resultados.

Seguimiento del profesor: En cada una de las fases se visitará a cada grupo para resolver posibles dudas y reconducirles en la valoración (cumplimiento del cronograma).

Posibles inconvenientes / problemas: El ejercicio de la Sesión A debe estar muy coordinado con la ficha de la Sesión B. Si los alumnos encuentran problemas o no ven claro la evaluación no se producirá el debate sobre la evaluación que pretendemos. Es esencial estar convencido y poner énfasis en cada una de las partes, siempre hay alumnos que cuesta moverlos de la posición/actitud tradicional.

4. CONCLUSIONES

La actividad puede extrapolarse a otras asignaturas de dibujo arquitectónico, dónde el contenido gire alrededor de la toma de datos de edificios o elementos constructivos y sea de aplicación el dibujo técnico como herramienta para el levantamiento.

Los resultados de la actividad son difícilmente cuantificables, por lo que nos centraremos en otros aspectos de mejora en la aplicación en la asignatura.

En primer lugar, una mejora del ambiente en clase es siempre un factor positivo. Los pequeños grupos de 2/3 personas se han ampliado tras la actividad. No hemos conseguido un feedback entre las 40 personas que integran el grupo, pero sí que se han creado relaciones académicas que pueden aportarles en el futuro un intercambio importante de conocimientos y experiencias; tanto en esta asignatura como en otras.

Por otro lado, en la expresión del lenguaje gráfico existen unos prejuicios sobre el dibujo y las habilidades que no hemos abordado pero que sin duda es un campo interesante de trabajo para nuestras metodologías docentes. Haciendo un símil con los idiomas, ocurre que muchos de nosotros tenemos miedo a expresarnos oralmente porque pensamos que haremos el ridículo, quizás por el acusado "acento castellano". En nuestro caso, se oculta el dibujo porque se llega a pensar que es malo o que no se tiene "un don" especial para expresarse gráficamente.

Este "don" es admitido por la mayoría de los alumnos como una aptitud nata que no puede adquirirse a través de la enseñanza. El primer paso para desmitificar esta barbaridad y cambiar en sentido contrario la actitud, es demostrar que el resto de nosotros tampoco dibujamos "a la perfección". Ese don, si existe, sólo está en un porcentaje muy pequeño de la población y jamás podríamos utilizar el dibujo como medio de expresión si tenemos que ser verdaderos genios para emplearlo.

Referencias bibliográficas

Bain Ken, *Lo que hacen los mejores profesores de Universidad*. Valencia: Universitat de València. [Harvard University Press: *What the Best College Teachers Do*, 2004]

Morales Vallejo, Pedro, *Ser profesor: una mirada al alumno*, 2ª edición, Guatemala, Universidad Rafael Landívar, 2010.

Biggs John B., *Calidad del aprendizaje universitario*, Madrid, Narcea, 2007 [Biggs, John B. and Tang, Catherine, *Teaching for Quality Learning at University: What the Student Does*. Third edit. Maidenhead, U.K., McGraw-Hill, Open University Press, 2005.]

EL MIEDO AL LÁPIZ

Fco. Javier GARCIA RODRIGUEZ
Manuel VALVERDE BROS

Universidad Politécnica de Catalunya
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica II

Abstract

Graphite and wood are both existing elements in the nature that they compose the most common tool of the graphical expression: the pencil. Although it is a tool with easy instructions of use, it's very difficult that our students use it normally and without fear.

Despite of what some of our students may think, the graphical expression and therefore the use of paper and pencil will become an important tool for their profession, the necessary tool to express instructions, ideas or to clarify the correct way of executing some constructive element.

At Technical Projects I and II subjects, of 4A and 4B semesters respectively, we consider it essential they lose the fear of facing a pencil and a blank paper, they should be fluent while explaining an idea or a concept graphically. For this reason we have added a new element to the subject, consisting on a daily accomplishment of a short graphical exercise related to the topic that should be developing. At the moment to assess these works, not only we consider the constructive solution, but also the proportion of the sketch, the existence of dimensions and construction annotations necessary for the comprehension of the drawing.

Texto comunicación

INTRODUCCION

Con la unión de la universidad española al Espacio Europeo de Educación Superior, que comenzó a tomar forma en junio de 1999, fue necesario modificar las asignaturas de los distintos estudios universitarios, adaptándonos a un concepto y forma de trabajar sustancialmente diferente al que estaba acostumbrada la universidad del momento.

Este fue el inicio de la adaptación de los estudios impartidos en la Escuela Superior de Edificación de Barcelona (EPSEB) de la UPC. Adaptación que llevó al reajuste de las asignaturas impartidas hasta el momento, dando lugar al nacimiento de nuevas materias. Una de las asignaturas afectadas por dicha modificación fue la de "Oficina Técnica", cuya adaptación pasó por la división en dos asignaturas cuatrimestrales, a las que actualmente denominamos Proyectos Técnicos I y Proyectos Técnicos II, impartidas en los cuatrimestres 4A y 4B de la titulación de Grado en Ingeniería de Edificación.

Los programas y contenidos de ambas asignaturas intentan dar a los alumnos la capacidad de reunir todos los conocimientos (técnicos, gráficos, teóricos...) adquiridos durante los años previos de estudio, y aplicarlos en el desarrollo, sobretodo desde un punto de vista gráfico, de diversas partes de un proyecto técnico basado en un caso real. De esta manera, en Proyectos Técnicos I se trabaja la parte estructural del edificio y en Proyectos Técnicos II se trabajan los cerramientos y las instalaciones del mismo, junto con un bloque puntual en el que desarrollan un proyecto para la ejecución de un apeo.

En interés de desarrollar la capacidad de trabajo del alumno y potenciarlo, en estas asignaturas, de las cuales somos docentes, consideramos imprescindible que pierdan el miedo a enfrentarse a un lápiz y a un papel en blanco, que cojan soltura a la hora de explicar gráficamente una idea o un concepto. Por este motivo hemos añadido un elemento a la asignatura, consistente en la realización diaria de un breve ejercicio gráfico relacionado con el tema que se esté desarrollando.

En esta comunicación se pretende dar a presentar el trabajo realizado mediante estos ejercicios gráficos, presentando la evolución de los mismos y las conclusiones a las que hemos podido llegar durante estos cuatrimestres, en los que la idea inicial ha ido evolucionando, como así lo han hecho los dibujos de nuestros alumnos.



OBJETIVOS

- Perder el respeto a enfrentarse a una hoja en blanco y un lápiz a la hora de plasmar gráficamente un concepto
- Desarrollar, ampliar e interrelacionar, mediante los ejercicios planteados, los conocimientos gráficos y técnicos adquiridos durante los años previos de estudios en la EPSEB
- Adaptar los ejercicios propuestos a las necesidades de los alumnos y a las conclusiones obtenidas en cada cuatrimestre, de manera que los ejercicios planteados vayan evolucionando

CONTENIDO

En los últimos años, los cambios normativos sufridos en el ámbito de la construcción han sido múltiples y de gran importancia. Si a estos cambios les añadimos los relacionados con la adaptación que mencionábamos anteriormente al nuevo Espacio Europeo de Educación Superior, hace unos años fue necesario modificar el programa y contenido de las asignaturas de las distintas titulaciones universitarias que se impartían.

En el caso de las asignaturas de Proyectos Técnicos I y II, a estos cambios legislativos y educativos se les sumaron cambios generacionales en el profesorado, de manera que en los últimos cuatro años se ha producido la entrada de nuevos profesores, ayudando así a modificar tanto el contenido de las asignaturas como, sobretudo, la manera de desarrollar este contenido.

Se han desarrollado nuevos apuntes, adaptados a la nueva normativa que ha surgido en los últimos años, se han buscado nuevos proyectos adaptados a dichos cambios normativos para desarrollar los distintos trabajos académicos, se ha reunido una galería fotográfica de detalles constructivos de cada uno de los bloques teóricos de las asignaturas... Y como parte importante de estos cambios, se ha modificado la distribución de trabajos a desarrollar por el alumno, de manera que en cada uno de los bloques que forman las dos asignaturas, los alumnos han de realizar una serie de detalles, de forma manual, relacionados con el trabajo que están desarrollando.

948

La idea de la realización de estos ejercicios gráficos surge de la necesidad de perder el miedo a enfrentarse a un papel en blanco teniendo como única herramienta un lápiz.

En nuestra escuela nos encargamos de la formación de futuros técnicos, muchos de los cuales se dedicarán, en un futuro más o menos cercano, a la dirección de ejecución de todo tipo de obras. Pese a los grandes avances actuales y a los nuevos medios tecnológicos existentes (portátiles, tablets, etc...), la experiencia del profesorado en este ámbito nos demuestra que estas herramientas resultan en muchas ocasiones inútiles para expresar una idea o definir un detalle en una visita de obra, resultando mucho más práctico y operativo el coger un papel y un lápiz, o incluso en una pared, y plasmar rápidamente el concepto a transmitir,

En ambas asignaturas los ejercicios se han planteado de la misma manera: En los dos días de prácticas existentes en cada bloque, se entrega a los alumnos una hoja en blanco y se proyecta un enunciado con el elemento o elementos que deben dibujar, y que deberán entregar en un plazo máximo de 20 minutos. La definición de los enunciados se realiza durante las sesiones de preparación de cada cuatrimestre, de manera que se prepara una variación de cada ejercicio para cada uno de los cuatro grupos de cada asignatura, es decir, 24 ejercicios por asignatura.

El momento de realizar estos ejercicios dentro del horario de clase fue una decisión a la que se dio varias vueltas, quedando finalmente estipulado que estos ejercicios se realizarán al principio de cada clase. Por otro lado, se determinó también que estos ejercicios tendrían un peso del 10% sobre la nota final de la asignatura. La combinación de estos dos factores nos ha permitido contar, pese a no ser ejercicios obligatorios, con una gran asistencia en clase desde el primer momento.

Por otro lado, si bien les pedimos que el dibujo principal se realice en lápiz, está permitido completar el dibujo con otros elementos que permitan dar un cierto color y mejorar la comprensión del detalle.

En el caso de Proyectos Técnicos I, asignatura en la que se desarrolla la documentación técnica de un proyecto en la fase de cimentación y estructura, los enunciados se plantean como el desarrollo de un detalle concreto de la estructura del edificio que estamos trabajando, p.e. el encuentro entre un forjado unidireccional y un pilar en fachada, encuentro entre un pilar y una zapata, etc... Detalles para los cuales se facilita en el enunciado todos los datos necesarios: armado principal y secundario, tipo de hormigón, diámetros de las barras de acero, etc...

Fig 2 y Fig 3. Detalle: "Encuentro de forjado unidireccional con fachada ventilada" Bloque 1 Proyectos Técnicos I. 2012. EPSEB
 Un factor a destacar es que el seguimiento y corrección de estos ejercicios diarios nos ha permitido establecer una comunicación directa con el alumno, intercambiando ideas y pudiendo llegar a establecer, en muchos casos, un diálogo enriquecedor con ellos. A este factor ayuda enormemente que nuestros alumnos estén en los últimos cuatrimestres de los estudios de grado, de manera que los conocimientos y criterios de los que disponen, permiten esta comunicación directa.

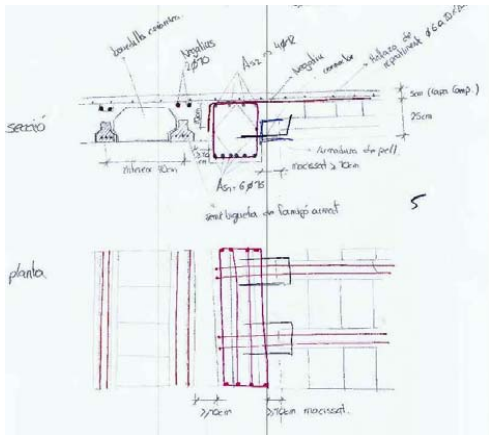


Fig 4. Detalle: "Encuentro de forjados unidireccionales perpendiculares entre sí, con jácena de canto"
 Bloque 1 Proyectos Técnicos II. 2012. EPSEB

950

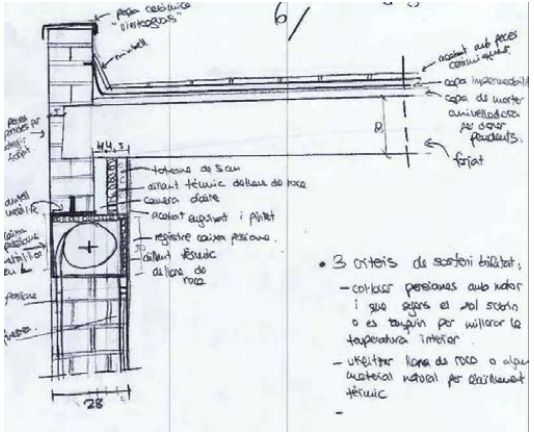
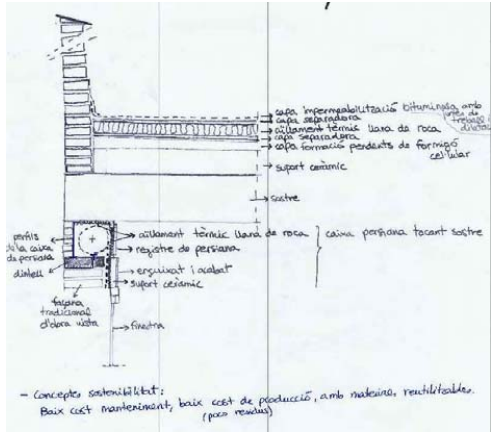


Fig 5 y Fig 6. Detalle: "Sección de cubierta plana en edificio con fachada de obra vista" Bloque 3 Proyectos Técnicos II. 2012. EPSEB

Con estos ejemplos queremos únicamente presentar una metodología de trabajo que nos ayuda a conseguir los objetivos de nuestras asignaturas, y ayudar a nuestros alumnos a ser futuros buenos profesionales, sin miedo de coger un lápiz y dibujar en un papel, en una pared o en cualquier elemento que admita la impresión de un lápiz, cualquier aclaración o solución que requiera una de sus obras.

CONCLUSIONES

La realización y posterior seguimiento de estos ejercicios de detalle diarios, nos ha permitido llegar a una serie de conclusiones, que a continuación procedemos a enumerar:

- Pese a que la mayoría de alumnos cuenta con un nivel medio de dibujo a mano alzada, el enfrentarse y evaluarse ante una hoja en blanco, reduce su rendimiento en este tipo de ejercicios. Este "miedo" al papel en blanco y al lápiz, combinado con una inseguridad acerca de sus conocimientos constructivo hace que en muchas ocasiones no dibujen lo que se les pide, o que los errores constructivos sean importantes. Como ellos mismos dicen al hablar del tema: "no sólo se trata de dibujar, tenemos que pensar antes si lo que vamos a dibujar es correcto, si se construye así, y en 20 minutos no nos da tiempo"
- La corrección de estos ejercicios, posteriormente a su realización y con los grupos de trabajo, favorece la comprensión del detalle planteado, de manera que facilita la posterior ejecución de los detalles del proyecto que están desarrollando, identifican los elementos básicos que ha de tener un detalle y disponen de más tiempo para plantearse desde un punto de vista constructivo.
- Es imprescindible establecer un criterio claro de corrección, de manera que para el próximo curso se elaborará una rúbrica clara que se presentará al principio de cada cuatrimestre, indicando los conceptos exigibles en los detalles planteados y su evaluación, de manera que los alumnos puedan tener claro que un detalle sin cotas reducirá su puntuación en los puntos establecidos.
- Mantener este tipo de ejercicio dada la importancia de desarrollar la habilidad gráfica de nuestros alumnos, habilidad que deberán utilizar en su posterior vida profesional. Entendemos que estas asignaturas es una de las últimas oportunidades de desarrollar conjuntamente los diversos conocimientos obtenidos durante sus estudios, para poder dibujar un correcto plano de estructura han de reunir sus conocimientos de construcción, estructura, cálculo y gráficos, pues un forjado correctamente calculado y diseñado, pero incorrectamente representado en un plano dará como resultado una mala ejecución.
- En general la evolución de los ejercicios es positiva, existiendo una cierta distancia, sobretodo a nivel gráfico, entre los ejercicios planteados en las primeras clases y los planteados en las últimas

Si bien estamos satisfechos con los resultados obtenidos, vemos necesario la evaluación de este sistema al finalizar cada cuatrimestre, de manera que podamos ir adaptando los ejercicios planteados a los edificios a trabajar en cada bloque y asignatura, a la tipología y conocimiento de los alumnos y cualquier otro factor que permita mejorar el planteamiento de las asignaturas de Proyectos Técnicos I y II de la EPSEB.

Referencias bibliográficas

- Código Técnico de la Edificación. Madrid. Ministerio de Vivienda. 2006
- Revista Tectónica. Vols. 1, 2, 6, 8, 10, 15 y 16. Madrid: ATC Ediciones, 1996
- Bachs Jacinto, García Fco. Javier, Romero Victor, Sánchez Albert, Valverde Manel. "Apuntes Bloques I, II y III de la Asignatura Projectes Tècnics II de la EPSEB". Curso 2011-2012. E.P.S.E.B. – U.P.C. Barcelona



IMPLANTACIÓN DE ASIGNATURAS GRÁFICAS DESDE LA FILOSOFÍA DEL ESPACIO EUROPEO DE EDUCACIÓN SUPERIOR A TRAVÉS DE UN PROYECTO LITERARIO.

José Teodoro GARFELLA RUBIO
María Jesús MAÑEZ PITARCH
Joaquín Ángel MARTÍNEZ MOYA
Alba SOLER ESTRELA

Universitat Jaume I Castellón
Departamento d'Enginyeria de Sistemes Industrials i Disseny (ESID).

Abstract:

During 2010-2011, coinciding with the introduction of the second year of the Degree in Building Engineering for the development of the practical classes and laboratories of the subjects of Surveying and Graphic Expression, we proposed a common educational innovation project, where teaching cooperation will provide the students with independent learning, teamwork and, consequently, a more active role for them in the teaching-learning process. All under the premise of the philosophy of the European Higher Education Framework. To this end, the University Jaume I, through the educational support unit USE, granted and financed the education improvement project entitled "Using literature in the implementation of graphic subjects applied to architectural constructions, the new Degree of Building Engineering."

For the development of the project, we chose the novel: "Más crímenes de Castellón", 12 plumas negras y Ripollès. In this book you will find twelve mystery stories that take place in La Plana de Castellón area. In all the chapters in the book we can recognize historic buildings and traditional locations in the metropolitan area.

For the development of the practical classes, we chose five stories out of the twelve ones in the book. After reading the stories, the students were proposed the meeting points for conducting the surveys, so they had to guess the chosen location. In this way, "La Plaza del mercadillo", "La Casa de los Caracoles", "El Parque Ribalta" and "La Casa Abadía" of Castellón and "El Hotel Voramar" of Benicassim were scripted and surveyed.

Later, in the lab classes, they made a poster containing: flat sheets, cartographic drawings, sketches, working methods, photographs, historical documents, calculations and drawings made and selected references to the story.

INTRODUCCIÓN

Fue en el curso 2009-2010, cuando la Universitat Jaume I de Castellón de la Plana, implantó el título de Grado en Ingeniero de Edificación, que venía a sustituir la antigua titulación de Arquitectura Técnica. Con este cambio se adaptó la titulación al Espacio Europeo de Educación Superior, concretamente desde el Área de Expresión Gráfica Arquitectónica.

Durante el segundo curso, se debía impartir docencia de las asignaturas implicadas en el presente proyecto, tanto de la asignatura de Expresión Gráfica aplicada a las construcciones arquitectónicas II, como la asignatura de Topografía y Replanteos aplicadas a las construcciones arquitectónicas, ambas con una carga lectiva estimada de 12 créditos ECTS.

Todo ello indujo a plantear el presente proyecto como metodología adaptada al nuevo espacio europeo para ambas asignaturas, y así, de esta forma, consensuar la colaboración de ambas asignaturas para la adquisición de las competencias necesarias para la correcta formación de los futuros Ingeniero de Edificación, lo que es necesario para el posterior desarrollo en el ámbito profesional.

La filosofía del Espacio Europeo de Educación Superior, propone el sistema constructivista de aprendizaje, esto es, el propio alumno es quien debe construir, autónomamente, su propio aprendizaje, que ha de ser continuo a lo largo de toda su vida. Por lo tanto, los profesores asumen el papel de gestores-conductores del proceso enseñanza-aprendizaje, planificando el trabajo que el alumno debe realizar, tanto de forma presencial como no presencial, para que éste alcance las competencias específicas necesarias: saber, saber hacer, saber estar y saber ser.

Conforme a las nuevas metodologías, se propone la realización de prácticas tuteladas, de forma que el alumno investigué y resuelva, individualmente o en grupo, el proyecto que se le plantee.

OBJETIVOS

Los objetivos que nos hemos planteado para esta experiencia han sido de dos tipos:

- Objetivo general: desarrollar una actividad que aumentara, si cabe, la motivación del alumnado hacia las asignaturas (Topografía y Expresión gráfica).
- Objetivos específicos: búsqueda de la mejora en la calidad educativa de las asignaturas, así como la consecución de mejores resultados académicos.

Con este proyecto también hemos pretendido dar soporte a la introducción de cambios en la metodología docente para conseguir la mejora del aprendizaje significativo de los estudiantes, así como el desarrollo de su motivación, interés y curiosidad hacia las asignaturas, tras la propuesta de una práctica diferente a las habituales (lectura de un conjunto de relatos de ficción), que les permita conseguir un mejor desarrollo en sus competencias profesionales.

CONTENIDO

Esta experiencia ha sido llevada a cabo en las asignaturas gráficas de 2º curso (Topografía y Expresión Gráfica), durante el año académico 2010-2011.

El proceso de enseñanza – aprendizaje se ha articulado de la siguiente manera:

-Clases teóricas.

-Clases prácticas: aplicación de los conceptos teóricos, manejo de material gráfico, aparatos topográficos e instrumentos; trabajos de campo en pequeños grupos.

-Clases laboratorios: realización de trabajos de despacho tras la toma de datos obtenidos en las clases prácticas (cálculos, realización de planos, presentación de trabajos), todo ello con programas informáticos específicos.

-Evaluación: continúa y abierta, todas las actividades son evaluadas de modo sumativo para valorar tanto el nivel competencias adquiridas por los alumnos, como del proceso de enseñanza-aprendizaje para que, semanalmente, se puedan localizar posibles fallos y subsanarlos.

El proyecto (de innovación educativa) común planteado para ambas asignaturas gráficas, a desarrollar en las clases prácticas y las clases de laboratorio, se denomina "Aplicación de la literatura en el desarrollo de las asignaturas gráficas"; la obra literaria escogida ha sido "*Más Crímenes de Castellón*" (12 plumas negras y Ripollés) Editorial el Full, dada la vinculación geográfica de la obra con la ciudad de Castellón. El título de la obra no guarda relación con contenidos arquitectónicos o constructivos pero, tras su lectura, se advierte una descripción bastante precisa de edificios y entornos urbanos concretos fácilmente reconocibles para los alumnos, a la vez que capta su atención ver relacionado su entorno metropolitano con una trama de intriga.

Del total de los 12 relatos, se eligieron 5 para el desarrollo de las clases prácticas. Tras la lectura del relato, se planteaban a los alumnos los puntos de encuentro para la realización de los levantamientos. Los estudiantes debían localizar el lugar elegido.

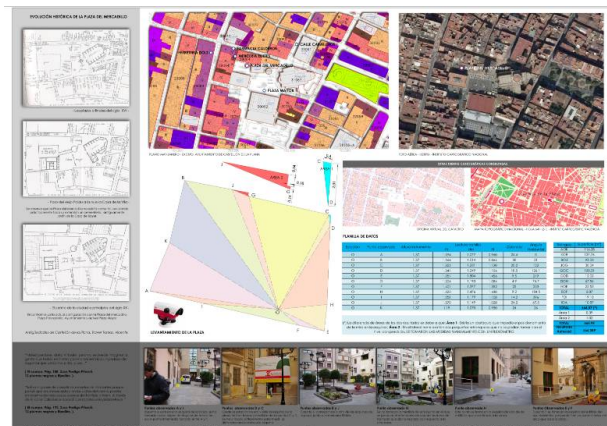


Fig. 1. Práctica segunda, póster realizado por los alumnos Cristian Boix, Lourdes Casado, Ester Donaire y Vicente Monferrer. Consistentes en la medición de la superficie de una plaza, Plaza del mercadillo de Castellón, curso 2010-11.



Se graficaron y levantaron topográficamente los siguientes emplazamientos: la plaza del mercadillo, la Casa de los Caracoles, el Parque Ribalta, la Casa Abadía, todos ellos en Castellón, y El Hotel Voramar de Benicàssim.

En las clases de laboratorio, se realizaba un póster que contenía:

- Planos de situación.
- Fotografías.
- Documentación histórica (historia, planos, fotografías).
- Croquis.
- Planos de los lugares.
- Cálculos realizados.
- Citas textuales del relato elegido.

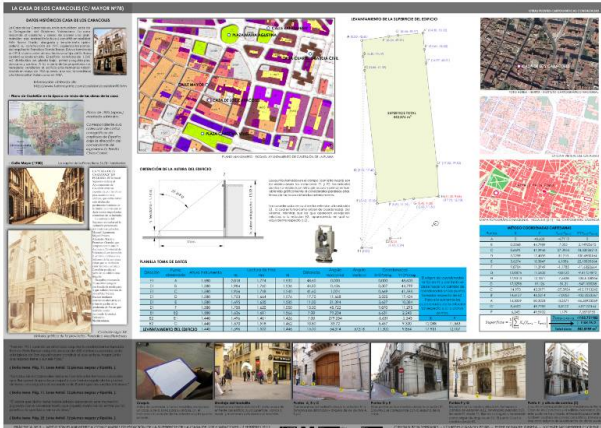


Fig. 2. Práctica tercera, póster realizado por los alumnos Cristian Boix, Lourdes Casado, Ester Donaire y Vicente Monferrer, consistentes en medición planimétrica, con cambio de estación, de la superficie y la altura de un edificio, Casa de los Caracoles, Castellón, curso 2010-11.

954

Para todo el proceso hemos pensado que las practicas deberían ser llevadas a cabo por un grupo reducido de alumnos (entre 3 ó 4), quienes, tras la lectura detenida de uno de los relatos, procederán al análisis de las edificaciones tomando directamente la descripción que se ofrece en el texto; tomaran nota de su emplazamiento físico, tras lo cual se propondrá como primera actividad la búsqueda de antecedentes gráficos que se pueda disponer, sobre el edificio en cuestión como fotografías, infografías, litografías, cartografía histórica, bibliografía y demás tipos de documentación que les pueda ayudar a conocer su emplazamiento actual y cual ha sido la evolución de la edificación con el paso del tiempo.



Fig. 3. Práctica cuarta, póster realizado por los alumnos Cristian Boix, Lourdes Casado, Ester Donaire y Vicente Monferrer, consistente en la medición altimétrica del desnivel de una calle, Paseo Ribalta, Castellón, curso 2010-11.

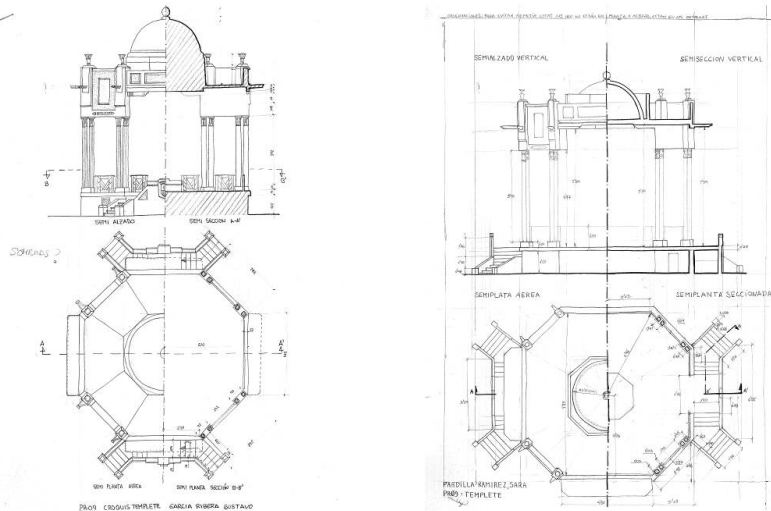


Fig. 4 y 5. Croquis realizados por los alumnos Gustavo García y Sara Padilla, Templete Paseo Ribalta, Castellón, curso 2010-11.

En segundo lugar se propondrá que con los datos obtenidos de la lectura, elaboren a mano alzada esquemas, volúmenes o interpretaciones de la edificación, y como si de un brainstorming se tratara proponer un esquema único del grupo.

Los elementos extraídos del relato a tener en cuenta por los alumnos serán, por ejemplo, las dimensiones lineales o las superficies reflejadas en la obra, para que puedan comprobar si esas superficies se ajustan a la realidad una vez concluidas las prácticas. A continuación se propondrá la primera visita del edificio para que el alumno pueda reconocer, de modo significativo, los distintos aspectos que de aquel se describen en el relato y recorrer metropolitanamente la trama. Una vez analizados los datos obtenidos de las fuentes y habiendo visto el edificio, seguidamente se propondrá que los alumnos procedan in situ, en una o varias sesiones, a la realización de verificaciones dimensionales del edificio mediante una toma de datos y de una medición directa con recursos convencionales, y la comprobación, mediante sistemas o métodos indirectos, empleando recursos topográficos (estaciones totales con lectura sin prisma) y fotogramétricos (sistemas de rectificación mediante software Ptlens, Asrix o Phothonodeler).

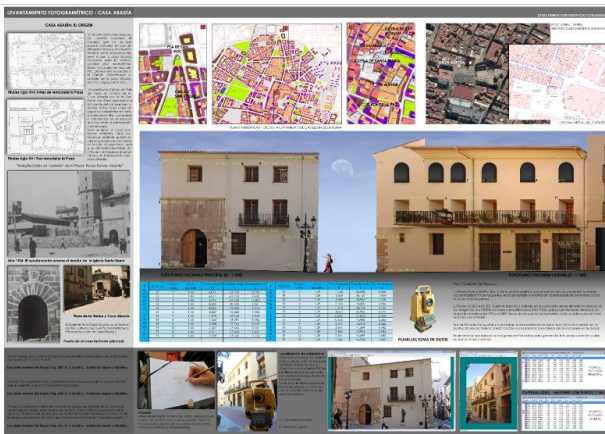


Fig. 6. Práctica quinta, póster realizado por los alumnos Cristian Boix, Lourdes Casado, Ester Donaire y Vicente Monferrer, consistente en levantamiento fotogramétrico de un edificio, Casa Abadía, Castellón, curso 2010-11.



Como última actividad, a la vista del edificio analizado y tras haber contrastado sus dimensiones y haber realizado el grafiado del mismo, se propondrá proceder a un trabajo denominados como arquitectura inversa, procediendo al replanteo de la planta baja o la envolvente de la misma a tamaño real sobre un terreno natural del Campus Universitario. Para ello se propone preparar, en gabinete, una serie de planos en el cual se indique, entre otras, el punto de estacionamiento previsto y las coordenadas polares de cada uno de los puntos a los efectos de ser trasladados al terreno mediante una estación total.



Fig. 7. Práctica sexta, póster realizado por los alumnos Cristian Boix, Lourdes Casado, Ester Donaire y Vicente Monferrer, consistentes en levantamiento fotogramétrico y taquimétrico de un edificio, georeferenciado mediante GPS centesimal, Hotel Voramar, Benicàssim Castellón, curso 2010-11.

Una vez indicado los puntos en el terreno, se fijan mediante hitos o clavos y se procederá al marcado de las trazas del edificio mediante el vertido directo de yeso o pintura sobre el terreno. El material que empleamos para ello consistirá de camillas, piquetas, lienzas, martillo, cinta métrica y la escuadra de albañil.

956



Fig. 8. Práctica de replanteo, realizada por los alumnos Cristian Boix, Lourdes Casado, Ester Donaire y Vicente Monferrer, consistentes en materialización de un replanteo sobre el terreno de la cimentación de un edificio, Campus Universidad, Castellón, curso 2010-11.

CONCLUSIONES

Con el proyecto planteado en el nuevo Grado de Ingeniería de Edificación, podemos asegurar que se ha alcanzado el objetivo general de desarrollar actividades que aumenten la motivación y el interés del alumnado hacia las asignaturas, como así nos lo han manifestado la mayoría de alumnos; del mismo modo se ha conseguido el seguimiento habitual de la asignatura por un alto porcentaje de alumnado (98 % frente al 70% aproximado en la anterior titulación de Arquitectura Técnica). Se ha conseguido la participación activa del alumno en el proceso de aprendizaje tanto en las materias evaluadas como, transversalmente, sobre las disciplinas literarias.

De otro lado, se han cumplido sobradamente los objetivos específicos, tales como la mejora de la calidad educativa, el dar soporte a los docentes para introducir cambios en la metodología docente, el promover una formación integral del estudiante, el desarrollo del interés, de la curiosidad y de la motivación del alumno hacia las asignaturas a partir de una práctica propuesta tras la lectura de un relato, la consecución del desarrollo de las competencias profesionales planteadas en las asignaturas de grado (esto se refleja en la recopilación de opiniones entre los alumnos y los profesores implicados en el proyecto).

Además las estadísticas muestran que se han mejorado los resultados académicos de los estudiantes, un 72 % de aprobados, frente a un 42% en anteriores convocatorias de la extinta titulación de Arquitectura Técnica. Con este planteamiento se pone al alcance del alumno la posibilidad de poder realizar prácticas reales, empleando recursos de última generación, huyendo de problemas o planteamiento básicamente teóricos, considerando también que de este modo se cumplimenta y refuerza uno de los ámbitos competenciales propio de los ingenieros de la edificación.

Con este planteamiento, pues, se pone al alcance del alumno la posibilidad de realizar prácticas reales empleando recursos de última generación, huyendo de problemas y planteamientos básicamente teóricos. Consideramos también que de este modo se cumplimenta y refuerza uno de los ámbitos competenciales propios de los Ingenieros de Edificación. Además la documentación elaborada por los alumnos contribuye positivamente a la difusión del patrimonio histórico de Castellón.

Para acabar podemos hacer constar que este proyecto es ampliable a otros años, ya que en el libro "Más crímenes de Castellón" aparecen siete relatos mas con lugares y edificios presumibles de estudio. También se podría aplicar en otras escuelas de ámbito nacional e internacional, leyendo novelas y relatos que suceden en otras ciudades y contextos, por ejemplo como "La Catedral del Mar" (Barcelona), "La Regenta" (Oviedo), "Fortunata y Jacinta" (Madrid) o "La piel del tambor" (Sevilla).

Referencias bibliográficas

De Miguel Díaz, Mario (coord.)2006, *Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias. Orientaciones para el profesorado universitario ante el espacio europeo de educación superior*, Alianza editorial, Madrid.

López Noguero, Fernando, 2005, *Metodología participativa en la enseñanza universitaria*, Narcea, Madrid

Antolí, Loles, Barberá, Lidón, Beltrán, Pepe, Enrique, Juan Carlos, Fernández, Paco, González, Carles, Llach, Gustavo, Molins, Javier, Postigo, Suso; Sanfeliu, Ana Rosa, Sebastiá, Pablo, 2009, *Más crímenes de Castellón 12 Plumas negras y Ripollés*, El Full Editorial, Castellón.

Traver Tomas, Vicente, 2008, *Antigüedades de Castellón de la Plana*, Exmo. Ayuntamiento, Castellón.

C.S.I. Comisión del Patrimoni, Demarcación de Castellón, 1996, *Guía D'arquitectura Castellón*, Servicio Publicaciones Diputación de Castellón, Castellón.



EL PROYECTO FINAL DE GRADO DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN EN LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. LA EXPRESIÓN GRÁFICA Y SU ADECUACIÓN EN LA MODALIDAD DEL PROYECTO CIENTÍFICO-TÉCNICO.

M. Teresa GIL PIQUERAS

Universitat Politècnica de València
Dpto. Expresión Gráfica Arquitectónica

Abstract

During the 2010-2011 academic year begins teaching Final Project Degree (PFG) as a subject within the curriculum of the degree in Building Engineering at the Faculty of Building Engineering, in the Polytechnic University of Valencia. This course, mandatory, is offered in the eighth semester, being provided with 12 ECTS credits, equivalent to 360 hours student work. This makes their development in a specific and limited in time. Within these workshops the Graphic Expression has become a very important role, since 10 of these workshops are taught by professors of the department, being together with the department of Architectural Constructions which occupies greater educational load. The intention of this communication is to define the framework lecturer of Final Project Degree of ETSIE (Valencia), display the results to implantation over the last two years, and to present the lines developed in the area of Graphic Expression.

INTRODUCCIÓN

En el año 2009-2010 se implanta por primera vez en la Universitat Politècnica de Valencia (UPV) el título de Ingeniero de Edificación, dentro de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación (ETSIE)². Este nuevo título sustituye al de Arquitecto Técnico en Ejecución de Obras, fruto del plan de estudios estatal del año 1977, y al de Arquitecto Técnico, del plan UPV de 1999.

La nueva titulación, aunque habilita para el desarrollo de la profesión de Arquitecto Técnico, supone un importante cambio en lo que a nivel académico se refiere, pues pasa de ser un título universitario equiparable a los antiguos segundos ciclos universitarios o licenciaturas, es decir pasa a ser un grado universitario.

Para poder asumir este cambio, y según consta en la ORDEN ECI/3855/2007, de 27 de diciembre, publicada en el BOE nº 312 el 29 de diciembre de 2012, el título de Ingeniero de Edificación, al igual que el resto enseñanzas universitarias oficiales de Grado, deberá tener una duración de 240 créditos europeos a los que se refiere el artículo 5 del mencionado Real Decreto 1393/2007, de 20 de octubre, por lo que se elabora un plan de estudios que partiendo de las materias impartidas anteriormente, aporta un incremento formativo³ en materias como geotecnia; eficiencia energética y sostenibilidad; gestión integral de la calidad, seguridad y medioambiente; gestión económica; tasaciones, peritaciones y valoraciones; y patología, mantenimiento y rehabilitación de edificios, algunas de las cuales ya estaban incluidas aunque de forma parcial u optativo dentro del plan de estudios del 99.

A partir de aquí se desarrollan diferentes procesos de adaptación, en función de casos, y según sean ya titulados o sean actualmente alumnos de la UPV⁴.

Para los alumnos de la Escuela, el proceso de implantación se lleva a cabo en dos fases, llevadas a cabo en dos cursos académicos.

El primer año o fase I. Afectó sólo a los alumnos de nuevo ingreso y a aquellos con asignaturas pendientes de primer curso. Este primer año, correspondiente al curso 2009/10, se comenzó a impartir el nuevo título en primer curso, desapareciendo la docencia del plan antiguo aunque manteniendo un periodo de vigencia de exámenes de dos años.

² Antigua Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de Valencia denominada posteriormente Escuela Técnica Superior de Gestión en la Edificación.

³ Este incremento formativo surge del análisis de la Orden ECI 3855/2007 de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico. Anexo I. Establecimiento de requisitos respecto a determinados apartados del anexo I del Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, relativo a la memoria para la solicitud de verificación de títulos oficiales.

⁴ Ver Memoria de Verificación del Título de Grado en Ingeniería de Edificación, de fecha mayo de 2010, de la Universidad Politècnica de Valencia.

El segundo año o fase II. Se optó por implantar el nuevo plan de estudios en los tres cursos siguientes a la vez, desapareciendo del mismo modo la docencia del plan antiguo en los tres cursos. Al respecto hay que decir que a pesar de que el plan del 99 estuviera estructurado en 3 cursos completos más un semestre destinado al desarrollo del Proyecto Final de Carrera, no contemplado en este momento dentro de la ordenación académica de dicho plan, desde el curso 2002/03 la Escuela ha estado ofreciendo a los alumnos la posibilidad de participar en una experiencia piloto a través de la cual se daba la posibilidad de ordenación del plan de estudios en cuatro años, incluyendo el Proyecto Final de Carrera dentro de este periodo, reconocimiento por primera vez su dedicación efectiva dentro de dicho Plan.

OBJETIVOS

A partir del curso 2010-2011 comienza a impartirse Proyecto Final de Grado como una asignatura cuatrimestral de cuarto curso, dentro de la ordenación académica del nuevo plan de estudios de Ingeniero de Edificación.

Siguiendo con el estructura establecida en el plan de estudios anterior y con la intención de seguir dando salida a las diferentes opciones de Proyecto Final de Grado (en adelante PFG), se decide mantener las tres modalidades existentes, de manera que el alumno, en el momento de formalizar la matrícula pueda elegir la opción que más se adapte a sus necesidades. Estas modalidades son:

- Modalidad 1: Proyecto Científico-Técnico.
- Modalidad 2: Proyecto realizado a través de un Convenio con una Empresa o una Institución.
- Modalidad 3: Proyecto dentro del Programa de Intercambio Académico con Universidades Extranjeras.

En el momento de la implantación, se estima que va a haber una demanda muy elevada de la modalidad de Proyecto Científico-Técnico por diversos motivos. El principal es la crisis económica que sufre el país, la cual afecta de forma muy considerable al sector de la construcción, lo que ocasiona una importante disminución en la demanda de alumnos para realizar un convenio de prácticas con una empresa. A esto se le añade el elevado índice de adaptación de alumnos del plan antiguo al plan nuevo, lo que produce un importante incremento en el número de alumnos matriculados en la asignatura.

El Objetivo de esta comunicación es mostrar la transformación del antiguo Proyecto Final de Carrera, en concreto en lo que afecta a la Modalidad 1: Proyecto Científico-Técnico, al nuevo plan de estudios y su adaptación a las circunstancias sociales y profesionales del momento, así como presentar alguna de las líneas desarrolladas dentro del área de la Expresión Gráfica.

EL PROYECTO FINAL DE GRADO – MODALIDAD CIENTÍFICO TÉCNICO

La asignatura PFG, de carácter obligatorio, se imparte en el octavo semestre estando dotada de 12 créditos ECTS equivalentes a 360 horas de trabajo del alumno, a diferencia de las 960 horas que tenía en el anterior plan de estudios. Además en este caso se limita su seguimiento a un cuatrimestre, lo que limita de forma concreta y acotada su desarrollo en el tiempo.

Hasta el momento los alumnos que optaban por la modalidad de Proyecto Científico-Técnico (PFG-CT) debían buscar un tutor de entre los profesores de la Escuela, con el objeto de que les tutorizara el proyecto. En este momento, esto es inviable, pues el número de alumnos que hasta ahora demandaba esta modalidad ha cambiado sustancialmente como consecuencia principalmente de la crisis del sector, ya que la posibilidad de realización del PFG en una empresa es prácticamente nula. Así pues, superando todas las expectativas de la Escuela, el número de alumnos adaptados y que además han elegido esta modalidad se dispara notablemente debiendo darle una solución en un plazo de tiempo limitado.

Frente a todo esto la Escuela plantea desarrollar la Modalidad 1 a través de la creación de talleres, dirigidos al menos por un profesor que actuando como director académico, pueda garantizar un correcto seguimiento y tutorización de todos los alumnos matriculados.

Bajo este marco y ante el escaso período de tiempo establecido para que el alumno elabore su PFG, desde la Escuela se estudian las necesidades, se habla con profesores interesados en desarrollar líneas de trabajo propias a través de grupos de alumnos, así como con distintos departamentos y se organizan una serie de talleres temáticos acordes con las materias de la titulación.

Así en julio de 2010, se me propone formar parte de la coordinación de PFG, haciéndome coordinadora de la modalidad de Proyecto



Científico-Técnico. En ese momento con lo único que contábamos era con unas directrices mínimas, establecidas en la memoria de verificación del título, de mayo de 2010, en donde como contenidos de la asignatura establecía lo siguiente: *Presentación y defensa ante un tribunal universitario de un proyecto fin de grado, consistente en un ejercicio de integración de los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas.* Y como actividades formativas, la misma memoria de verificación decía: *El proceso enseñanza-aprendizaje de todas las competencias incluidas en esta materia estará fundamentado, para todas sus asignaturas, en la explicación a todo el grupo de los elementos esenciales de la teoría, en sesiones de teoría de aula (TA). Estas sesiones tendrán la duración adecuada para un posterior desarrollo en grupos más pequeños de tales conceptos teóricos en sesiones bien de práctica de aula (PA) o de seminario (S), con mayor peso docente. Asimismo, las sesiones de práctica de laboratorio, informática o de campo se realizarán necesariamente en sesiones de grupos reducidos. La actividad no presencial del alumno estará definida y dirigida por el profesor o profesores de cada grupo y se concretará en trabajos o prácticas individuales o en grupo⁵.*

El planteamiento inicial fue el de crear unos talleres vinculados a las áreas de intensificación establecidas en el plan de estudios, dando así continuidad y refuerzo a las mismas. Posteriormente la realidad obligó a crear una oferta mucho mayor, ya que en el primer curso de docencia se matricularon en esta modalidad un total de 316 alumnos, lo que obligó a crear un total de 24 talleres con capacidad máxima para 15 alumnos, con materias que iban desde la redacción de proyectos técnicos, el estudio y análisis del patrimonio o la gestión del territorio, hasta la elaboración de estudios relacionados con la acústica, la eficiencia energética, el diseño, análisis y gestión de recursos, o las tecnologías y caracterizaciones de los materiales, entre otras. Los talleres se ofertaron el primer año, ordenados bajo 7 áreas temáticas, creándose el segundo año dos áreas más. Estas áreas son:

1. Proyectos técnicos
2. Patrimonio. Análisis gráfico y constructivo
3. Mecánica de las estructuras
4. Tecnología y caracterización de los materiales
5. Eficiencia energética y medio ambiente
6. Acústica
7. Investigación organizativa: diseño, análisis y gestión de recursos
8. Gestión del territorio
9. Derecho aplicado

A continuación vemos el número de talleres ofertado en estos dos cursos, según las áreas temáticas:

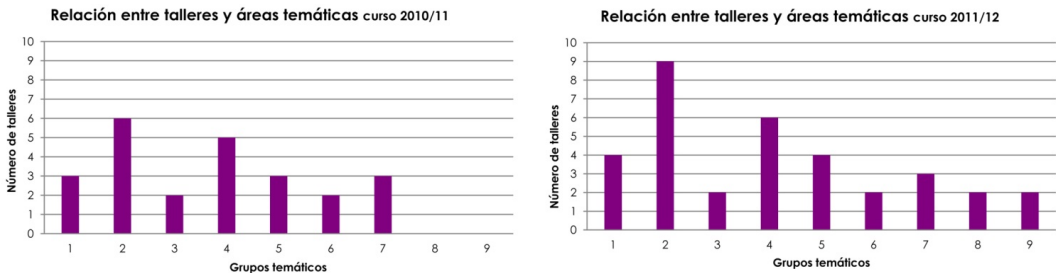


Fig 1 y 2. Número de talleres ofertados en los dos últimos cursos, según las áreas temáticas. Datos ETSIE.

La puesta en marcha y funcionamiento de los 24 talleres supuso el primer año la incorporación de un total de 33 profesores pertenecientes a 7 departamentos de la Universitat Politècnica de València.

Para poder afrontar el primer curso de implantación con cierto éxito, se estimó necesario desarrollar un procedimiento normativo piloto común para todos los talleres de PFG-CT, que a modo de marco sirviera de guía docente para todos, pues en el momento de iniciar el curso no se disponía de ningún reglamento que regulara el funcionamiento de dichos talleres. La elaboración de este documento fue el resultado de muchas horas de trabajo y tengo que decir que después de haberlo puesto en funcionamiento durante el primer año, ha servido para crear el reglamento de Proyecto Final de Grado que actualmente ha sido extrapolado a las otras dos modalidades⁶.

⁵ Según Memoria de Verificación del Título de Grado en Ingeniería de Edificación, de fecha mayo de 2010, de la Universidad Politècnica de València.

⁶ Reglamento de Proyecto Final de Grado, en: http://www.upv.es/entidades/ETSIE/menu_url.html?entidades/ETSIE/info/U0577999.pdf

Este curso, nos encontramos en el segundo año de implantación, y la oferta de talleres ha crecido, pues contamos 33 talleres y 46 profesores, a la vez que se ha reducido la capacidad del taller a 10 alumnos máximo. Esto ha sido consecuencia de la alta carga que suponía el dirigir 15 proyectos en un cuatrimestre.

Para publicitar la línea de trabajo de cada taller, el responsable debe rellenar una ficha tipo, la cual es publicada en la web de la Escuela con anterioridad a la matrícula. Estas fichas, además de incluir datos generales como nombre del profesor/res, tema del curso u horario del taller, también recogen un esquema de los contenidos mínimos que se pretenden desarrollar, un esquema del posible índice del proyecto y finalmente una bibliografía recomendada, de manera que el alumno durante el primer cuatrimestre pueda ir documentándose sobre la materia que se desarrollará en el taller en el segundo cuatrimestre.

A partir de la publicación de la ficha el procedimiento es el siguiente:

La elección del taller

En el momento de la matrícula, el alumno elige la modalidad en la que desea cursar su PFG y el taller que más se adapte a sus inquietudes. Puesto que el límite de alumnos por taller este curso ha estado fijado en 10, se respeta en la elección el orden de matrícula establecido según sus resultados académicos del curso pasado. En el momento de la matrícula y en cumplimiento del plan de estudios, el alumno debe tener todas las asignaturas de 1^{er}, 2^o y 3^{er} curso aprobadas.

Seguimiento docente del taller

El taller se imparte a lo largo del segundo cuatrimestre, terminando la docencia del mismo en el mes de mayo. El seguimiento presencial establecido para el alumno es de 20 horas, distribuidas en sesiones de 2 horas por semana ó sesiones de 4 horas quincenales, a las que el alumno debe asistir de forma obligatoria. Además el alumno debe trabajar de manera autónoma un total hasta completar un tiempo equivalente a 12 créditos ECTS, o lo que es igual a 360 horas.

Al inicio del cuatrimestre, el taller propone un tema para la redacción del Proyecto, de manera que el alumno pueda elaborar una propuesta acorde con la línea de trabajo/investigación definida por el taller. Esta propuesta supervisada y guiada por el director académico deber ser aceptada por el profesor responsable del taller⁷, que con su aceptación dará por iniciado el proyecto.

A lo largo de las diferentes sesiones se van estableciendo las pautas a seguir para el desarrollo del PFG. En estas sesiones, el profesor dirige al alumno en su trabajo. A través de reuniones grupales se establecen los objetivos generales, definiéndose posteriormente de manera más particular los objetivos específicos de cada trabajo. Aunque todos se dirigen bajo el mismo hilo temático, los casos de estudio son distintos, derivando posteriormente cada uno de ellos en unos resultados diferentes.

A nivel personal diré que la experiencia de participar en estas sesiones es muy beneficiosa, pues los alumnos inmersos en un mismo problema, buscan soluciones conjuntamente, resolviéndose entre ellos muchas veces las dudas que les van surgiendo. El seguimiento continuo, obliga por un lado al profesor a establecer objetivos en cada una de las sesiones y a los alumnos a ir cumpliendo dichos objetivos semanal o quincenalmente, de esta manera pueden llegar al final del cuatrimestre con el proyecto terminado.

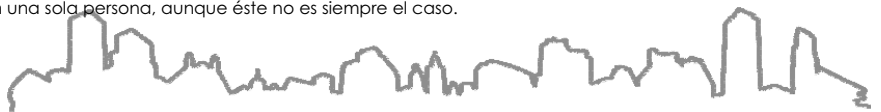
Una vez finalizadas las sesiones presenciales, el alumno dispone de un mes y medio aproximadamente para preparar el documento final y entregarlo en el taller. El responsable del taller, si estima que el nivel alcanzado es suficiente, aceptará el proyecto y autorizará al alumno a la exposición y defensa del mismo frente a un tribunal evaluador.

La evaluación

Para la evaluación del PFG-CT, el alumno debe tener todas las asignaturas de la titulación aprobadas. En el caso de que esta condición académica no se cumpla, se ha considerado guardar el proyecto por un periodo máximo de un año, a lo largo del cual podrá ser defendido una vez se cumpla las condiciones establecidas.

El acto de la evaluación es mediante defensa pública frente a un tribunal formado por tres profesores de los talleres, convocándose un tribunal para cada taller de manera que todos los profesores de PFG-CT participan en la evaluación, del mismo que participan en la dirección de los proyectos.

⁷ En el caso de que el taller esté dirigido por un único profesor, las figuras de profesor responsables del taller y director académico coinciden en una sola persona, aunque éste no es siempre el caso.



A pesar de que la gestión del taller es autónoma, todos los procesos de publicación de convocatorias, nombramiento del tribunal, etc.,... se centralizan y regulan a través de la figura del coordinador, la cual se hace en este caso especialmente necesaria pues se deben garantizar las mismas condiciones y plazos para todos los alumnos de todos los talleres.

LA EXPRESIÓN GRÁFICA Y EL PROYECTO FINAL DE GRADO – MODALIDAD CIENTÍFICO TÉCNICO

Dentro de los talleres de PFG-CT, la expresión gráfica ha adquirido un papel muy relevante, ya que 10 de estos talleres están impartidos por profesores del departamento, siendo junto con el departamento de construcciones arquitectónicas el que mayor carga docente ocupa.

La oferta de talleres propuesta por el departamento de expresión gráfica arquitectónica en este momento es muy variada, estando en este momento activos los siguientes talleres:

Nº taller	Título del taller	Profesores responsables
12	Conservación del patrimonio. Estudios previos	Pablo Rodríguez Navarro
13	Patrimonio y territorio. Nuevas metodologías para su estudio	Teresa Gil Piqueras
14	Superficies arquitectónicas singulares. Análisis geométrico, metodología proyectual y sistemas estructurales y constructivos	Rafael J. Ligorit Tomás Fco J. Sanchís Sampedro
21 y 22	Intervención en construcciones histórica	Concepción López González Jorge García Valdecabres Marisa Navarro García
15	Proyectos residenciales. Intervención y obra nueva	Carmen Cárcel García Pedro Verdejo Gimeno
26	Proyecto de interiorismo	Vicente Olcina Ferrándiz
34	Análisis, levantamiento e intervención en arquitectura reciente	Jorge Girbés Pérez
35 y 36	Los sistemas de información geográfica	Ernesto Faubel Cubell

Tabla 1. Relación de talleres ofertados dentro del área de expresión gráfica. Curso 2011-12. Datos ETSIE.

Bajo estos talleres se desarrollan unos temas, que pueden ser distintos o cambiar cada curso. En este momento algunas de las líneas de trabajo propuestas por los talleres son: *Castillos y Torres de la Comunidad Valenciana* (T12); *Arquitectura y Hábitat en Torno al Agua* (T13); *Estudios y Trabajos Con Valor Patrimonial* (T21 y 22) ó *Análisis, Levantamiento e Intervención en Arquitectura, del Eclecticismo a la Actualidad* (T34), entre otros.

CONCLUSIONES

En este momento podemos decir que aunque el proceso de implantación del título fue duro y complicado, ha tenido muy buena acogida entre los alumnos, los cuales mayoritariamente decidieron adaptarse a la nueva titulación a pesar de alargar su vida universitaria en algunos casos hasta un año. En la actualidad sólo quedan 266 alumnos sin adaptar, de una Escuela de 2095 alumnos matriculados, lo que supone sólo un 12% del total.

En cuanto a la asignatura de Proyecto final de Grado bajo la modalidad de desarrollo de proyecto científico-técnico, decir que aunque la puesta en funcionamiento de los talleres ha supuesto un gran esfuerzo de coordinación, también ha supuesto un gran esfuerzo de implicación por parte de los profesores involucrados, a los cuales tengo que agradecer el buen funcionamiento de la misma.

Los talleres del área de expresión gráfica presentan un elevado índice de éxito, estando por encima de la media del resto de talleres en cuanto a alumnos matriculados y proyectos defendidos, tal y como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Oferta talleres	Alumnos matriculados	PFG defendidos	% Defendidos / Matriculados
Talleres EGA	117	91	78%
Resto de Talleres	214	151	71%

Tabla 2. Tasa de éxito. Curso 2010-11. Datos ETSIE.

El hecho de que los proyectos se generen bajo un mismo marco, es decir siguiendo la misma línea establecida por el taller ha supuesto un aumento en la calidad de los mismos, tal y como puede verse a través del repositorio RIUNET de la Universitat Politècnica de València, lo que aumenta las posibilidades de repercusión que pudieran tener los mismos.

Finalmente podemos afirmar que la organización del Proyecto Final de Grado bajo la estructura de talleres temáticos a lo largo de un cuatrimestre y con un grupo reducido de alumnos, supone una menor tasa de abandono del Proyecto Final de Grado por parte de los alumnos, pues el hecho de que se vayan estableciendo objetivos en cada una de las sesiones presenciales, les obliga a cumplir los plazos rigurosamente si no quieren "descolgarse" del grupo. lo que redundará en un mayor beneficio para todos.

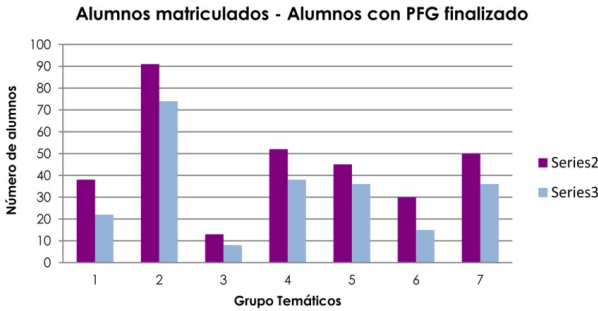


Fig 3. Relación de alumnos que han finalizado su Proyecto Final de Grado frente a los que se matricularon. Curso 2010-11. Datos ETSIE

ADAPTACION AL ESPACIO EUROPEO DE EDUCACION SUPERIOR DE LAS ASIGNATURAS DE GEOMETRIA DESCRIPTIVA, DIBUJO ARQUITECTONICO Y DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR DE ARQUITECTURA TECNICA AL TITULO DE GRADO.

David HIDALGO GARCIA (1)
 Julián ARCO DIAZ (2)
 Raúl SAUCEDO VARGAS (3)

- (1) Profesor del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación. Universidad de Granada.
- (2) Profesor del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación. Universidad de Granada.
- (3) Personal Docente investigador en formación del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación. Universidad de Granada.

Resumen

El proyecto ha consistido en la adaptación de las asignaturas indicadas en el título de la comunicación y que se impartían en la titulación de Arquitectura Técnica al EEES. Este espacio fue implantado con el desarrollo de las titulaciones de Grado en las Universidades. Estas nuevas titulaciones exigen a los/as docentes la necesidad de una mejor planificación de las enseñanzas a impartir, para que así la educación y los objetivos marcados sean más eficaces. Se ha efectuado la adaptación de los conocimientos, competencias, metodología, tutorización y evaluación a las nuevas directrices marcadas por los estudios de Grado. Para ello se ha requerido de la implementación y la puesta en marcha de una plataforma de enseñanza virtual, que ha sido alojada en dos páginas Web.

Abstract

The project involved the adaptation of the subjects indicated in the title of the paper and taught at the Technical Architecture degrees to the EHEA. This space was introduced with the development of undergraduate degrees in universities. These new qualifications required of / as teachers the need for better planning of lessons to teach, so that education and more effective targets. It has made the adaptation of knowledge, skills, methodology, mentoring and evaluation of new guidelines set by the Degree. This has required the use and implementation of a virtual learning platform, which was hosted on two websites.

Texto comunicación

INTRODUCCIÓN

El actual plan de estudios de Arquitectura Técnica de la Universidad de Granada, contiene tres asignaturas pertenecientes al Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería, que son: Geometría Descriptiva y Dibujo Arquitectónico con 15 créditos cada una de ellas y la Asignatura de Diseño Asistido por Ordenador con 6 créditos. Todas estas asignaturas tienen aproximadamente un total de entre 70-100 alumnos/as por grupo.



El próximo curso académico se va a poner en marcha el curso cuarto de los títulos de Grado. Las nuevas asignaturas a impartir en los cuatro cursos y adscritas al Departamento de expresión gráfica van a sufrir una serie de cambios importantes, no solo a efectos del número de alumnos/ as por grupo, sino también una reducción del tiempo de la docencia teórica y práctica a cursar y un aumento considerable del número de horas que el alumnado debe dedicar a los trabajos en casa, tutorías colectivas, tutorías individuales y horas de estudio. En el nuevo plan de estudios del título de grado se contemplan como parte de los módulos de formación básica y obligatoria las asignaturas siguientes: Geometría Descriptiva, Expresión Gráfica I: Procedimientos Directos y Expresión Gráfica II: Procedimientos Informáticos. Todas ellas con una asignación de 6 créditos ECTS. En este contexto de cambio es necesario el adaptar la metodología de las clases a las exigencias del EESS y todo ello con la ayuda de las nuevas tecnologías. El objetivo buscado ha sido el de profundizar, mediante la utilización de las nuevas tecnologías, en la impartición docente, realización de actividades, tutorías individuales y colectivas, sin que el docente y el alumnado se encuentren en el mismo espacio físico. Los/ as profesores/ as participantes hemos notado en los cursos anteriores un aumento de las tasas de abandono del alumnado, que aumenta conforme se va avanzando en los contenidos de las asignaturas. Este proyecto ha contribuido a una mejor comprensión de las asignaturas gráficas por parte del alumnado y por lo tanto ha mejorado considerablemente la adquisición de contenidos y competencias por parte de este, lo que ha llevado a una reducción considerable de las tasas de abandono y suspensos.

OBJETIVOS.

El objetivo general de esta comunicación es analizar y describir las técnicas y trabajos realizados para la adaptación de las asignaturas de la Titulación de Arquitectura Técnica a las nuevas exigencias establecidas en el EESS para los títulos de grado. Este objetivo general ha derivado en una serie de objetivos específicos:

1º) Puesta en marcha de una plataforma de formación a distancia. 2º) Diseñar y poner en práctica estrategias metodológicas que potencien el trabajo del alumnado. 3º) Elaborar materiales docentes específicos usando como base las nuevas tecnologías. 4º) Analizar y evaluar el desarrollo y los resultados de la experiencia docente llevada a cabo.

CONTENIDO.

Este proyecto se ha implantado de forma real durante los dos últimos cursos académicos. Se ha tratado de reducir, según lo establecido en el nuevo marco de EESS, las clases magistrales dentro de las asignaturas impartidas. Especialmente en toda la parte teórica y a favor de un seguimiento tutelar individualizado y basado en las TICs, con el objetivo de que las acciones a resolver dentro del proyecto sean desarrolladas a través del trabajo y el aprendizaje autónomo del alumnado.

Para ello se ha utilizado un sistema de gestión de aprendizaje gratuito "formación en línea", conocido con el nombre de Moodle. Este permite crear cursos o formación en líneas avanzadas, flexibles y atractivas⁸. Según la documentación técnica suministrada por Moodle, "La palabra Moodle era en origen un acrónimo de *Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*, lo que suele ser útil para programadores y teóricos de la educación. También es un verbo que describe el proceso de deambular vagamente a través de algo, haciendo las cosas según se le ocurra, un pensamiento divertido que suele llevar al conocimiento y a la creatividad".

Por lo tanto y visto desde un punto de vista pedagógico, el sistema de formación desarrollado y aplicado a nuestro campo de actuación, ha mejorado:

- 1º) La accesibilidad de los estudiantes involucrados a los materiales de aprendizaje multimedia elaborados por los/ as docentes.
- 2º) La colaboración entre los/ as profesores/ as de distintas asignaturas.
- 3º) El aprendizaje autónomo del alunado.
- 4º) Se mejora el trabajo en equipo, basado en problemas reales a resolver por grupos de alumnos/ as y con el apoyo del profesorado.
- 5º) Se innovan y actualizan metodologías docentes, lo que estimula y motiva al alumnado.
- 6º) Se fomenta el desarrollo de habilidades por parte del alumnado.

⁸ RICE, William, *Moodle. Desarrollo de cursos e-learning*, editorial Anaya Multimedia, 2010.

7º) Permite la autoevaluación, lo que fomenta el conocimiento por parte del alumnado de sus puntos fuertes y/ o débiles.

La plataforma ha sido alojada en dos páginas web; Por un lado en la página de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universidad de Granada, y cuyo acceso se realiza desde <http://etsie.ugr.es/docencia/>. Por otro lado en la página del Centro de Estudios Virtuales de la Universidad de Granada (CEVUG) y cuyo acceso se realiza a través del acceso identificado de la Universidad de Granada.

El profesorado ha realizado un esfuerzo en la elaboración de los materiales didácticos. Estos han sido reformados y adaptados a los nuevos planes de estudios. En el 75% de los casos, estos se han subido a la plataforma como ficheros de descarga PDF, pero en el resto de los casos se ha utilizado el Wimba Create. Este software permite la elaboración de contenidos didácticos integrados con otros recursos, tales como videos, animación o sonido. El profesorado participante es consciente de que el 100% de los contenidos deben de cumplir con estos requisitos y que la descarga de un fichero PDF por parte del alumnado no produce ninguna motivación ni interés especial en su estudio. Por este motivo y como consecuencia de la continuación del proyecto para los próximos cursos académicos, uno de los objetivos es el de ampliar el 100% de los contenidos mediante este tipo de aplicaciones.

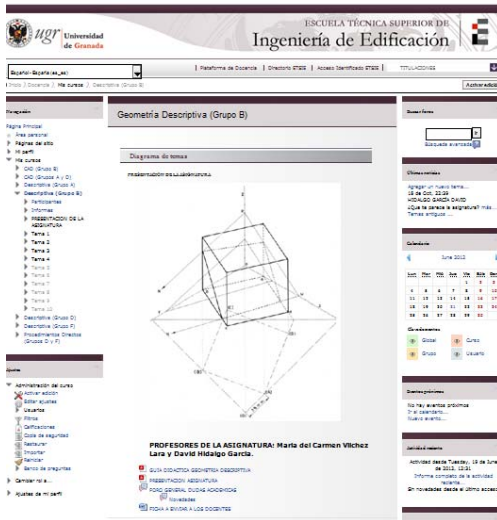


Figura 1. Plataforma Moodle Pagina ETSIE.



Figura 2. Plataforma Moodle Pagina CEVUG.

Con respecto a las actividades prácticas, la utilización de esta plataforma o sistema de aprendizaje permite el envío rápido y cómodo de ficheros digitalizados. No obstante y aunque todas las asignaturas participantes en este proyecto son meramente prácticas, se ha elaborado mediante la aplicación Hot Potatoes una serie de cuestionarios teóricos. Estos permiten valorar si el alumnado ha adquirido y comprendido los conocimientos teóricos o si por el contrario es necesario profundizar en el estudio de un campo o área específica. La aplicación Hot Potatoes es un conjunto de herramientas que permite la creación de contenidos multimedia de evaluación. Esta admite la realización de ejercicios teóricos del tipo: respuestas múltiples, crucigramas, relleno de palabras, emparejamiento, etc...



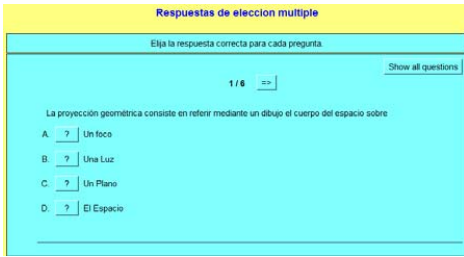


Figura 3. Ejemplo Respuestas Múltiples Hot Potatoes.

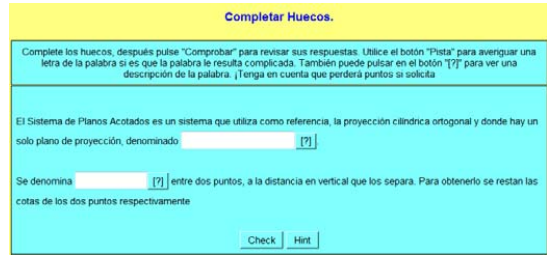


Figura 4. Ejemplo Completar Huecos Hot Potatoes

Con respecto a la comunicación tutor-alumnado, se ha realizado de una forma activa y dinámica. El motivo fundamental es porque la plataforma de enseñanza permite la realización de comunicaciones a través de correo electrónico, chats, foros y reuniones virtuales a través de la integración de la aplicación Adobe Acrobat Conect Pro. Esta aplicación permite la realización de videoconferencias o reuniones sin que los integrantes a la misma se encuentren ubicados en el mismo espacio físico. A través de las distintas aplicaciones se ha intentado realizar un especial hincapié en la capacidad y efectividad del trabajo individualizado y colectivo para la resolución de problemas y la adquisición de conocimientos y competencias.

Los puntos fuertes, débiles y posibilidades de mejora se detallan en la siguiente tabla:

PUNTOS FUERTES	PUNTOS DÉBILES	POSIBILIDADES DE MEJORA
Mayor comprensión de los contenidos subidos a la plataforma.	Fallos técnicos de la plataforma.	La plataforma elegida no permite la realización de grandes cambios en los sistemas.
Mayor capacidad de comunicación e interacción entre los participantes.	Dificultad del profesorado en el manejo de la plataforma.	Mayor participación del alumnado.
Colaboración con la Dirección de la ETS. Ingeniería de Edificación y con el CEVUG.		

Tabla 1. Descripción puntos fuertes, débiles y de mejora.

En líneas generales **los resultados de la evaluación** del aprendizaje de los estudiantes han sido positivos. El profesorado participante en el citado proyecto se encuentra satisfecho con su puesta en marcha y desarrollo, ya que el alumnado ha podido acceder con mayor facilidad a los materiales. El mismo ha tenido una participación más activa en las actividades marcadas y la comunicación docente-alumno/ a ha sido más fluida y continua. A modo de ejemplo y para el grupo de la asignatura de Geometría Descriptiva del profesor David Hidalgo García, durante el curso 2009-2010, (cuando aún no se había puesto en marcha el citado proyecto), el porcentaje de alumnos/ as suspensos o no presentados fue del 47%. En los cursos 2010-2011 y 2011-2012, cuyos alumnos/ as pudieron trabajar mediante la plataforma de formación virtual, el porcentaje de alumnos suspensos o no presentados fue del 29% y del 31 % respectivamente. Esto supone una reducción del alumnado suspenso o no presentado de un 16%. La evaluación interna del proyecto se ha realizado mediante encuestas de satisfacción del alumnado. Es necesario incidir en un dato de extrema importancia. Este es que el 87% del alumnado participante no había utilizado este sistema de formación anteriormente y un 80% se encuentra totalmente satisfecho con el mismo. En líneas generales el alumnado se encuentra contento con la metodología, los contenidos y el sistema de formación.

CONCLUSIONES

El profesorado interviniente en este proyecto y mediante el desarrollo del mismo, ha pretendido dar mayores posibilidades de aprendizaje para el alumnado. Nuevas oportunidades de aprendizaje y mejora del trabajo autónomo y en equipo, que les permita un mayor desarrollo profesional. Con esta idea general se desarrollaron hace décadas este tipo de aplicaciones o "formación en línea". No obstante, es necesaria una formación específica del profesorado que la utilice, ya que si no, la formación se convierte para el alumnado en una "simple descarga de ficheros en PDF". Las herramientas de integración de aplicaciones son excepcionales y en la mayoría de los casos gratuitos. Las Universidades están realizando esfuerzos en la realización de cursos, programas o planes de formación de estas materias para su personal y en la puesta en marcha de las aplicaciones informáticas para su uso. No obstante, es necesario un mayor atrevimiento en su implantación y control de su uso por parte de los docentes. Es necesario romper con la "rutina" de las clases y para ello lo mejor es la innovación y la puesta en marcha de nuevos programas, aplicaciones o simplemente experiencias.

Referencias bibliográficas

- 1º) AA.VV, *Evaluación externa de los proyectos educativos de centros para la incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación a la práctica docente*, Consejería de Educación, Sevilla, 2009.
- 2º) AA.VV, *Proyectos de innovación docentes en las Universidades Andaluzas*, UCUA, Córdoba, 2004.
- 3º) BONEU, J.M, *Plataformas abiertas de e-learning para el soporte de contenidos educativos abiertos*, Revista de universidad y sociedad del conocimiento, Vol. 4, Num. 1: pag. 36:47, 2004.
- 4º) HotPotatoes.ca: Pagina web gratuita de descarga de la aplicación, <http://hotpot.uvic.ca/index.php>
- 5º) LANDETA Etxebarria, Ana, *Nuevas tendencias de E-learning y actividades didácticas innovadoras*, Centro de estudios financieros, Madrid, 2010.
- 6º) Moodle.org: open-source community-based tools for learning, <http://moodle.org/>.
- 7º) RICE, William, *Moodle. Desarrollo de cursos e-learning*, editorial Anaya Multimedia, 2010.
- 8º) ROLDAN Martínez, David et al, *Gestión de proyectos e-learning*, Ediciones Ra-ma, Madrid, 2010.
- 9º) ZABALZA, Miguel, *La enseñanza universitaria. El escenario y sus protagonistas*, editorial Narcea, Madrid, 2004.



ADAPTACION AL ESPACIO EUROPEO DE EDUCACION SUPERIOR DE LAS ASIGNATURAS DE GEOMETRIA DESCRIPTIVA, DIBUJO ARQUITECTONICO Y DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR DE ARQUITECTURA TECNICA AL TITULO DE GRADO.

David HIDALGO GARCIA (1), Julián ARCO DIAZ (2) y Raúl SAUCEDO VARGAS (3).

(1)Profesor del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación. Universidad de Granada.

(2)Profesor del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación. Universidad de Granada.

(3)Personal Docente investigador en formación del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación. Universidad de Granada.

Resumen

El proyecto ha consistido en la adaptación de las asignaturas indicadas en el título de la comunicación y que se impartían en la titulación de Arquitectura Técnica al EEES. Este espacio fue implantado con el desarrollo de las titulaciones de Grado en las Universidades. Estas nuevas titulaciones exigen a los/ as docentes la necesidad de una mejor planificación de las enseñanzas a impartir, para que así la educación y los objetivos marcados sean más eficaces. Se ha efectuado la adaptación de los conocimientos, competencias, metodología, tutorización y evaluación a las nuevas directrices marcadas por los estudios de Grado. Para ello se ha requerido de la implementación y la puesta en marcha de una plataforma de enseñanza virtual, que ha sido alojada en dos páginas Web.

Abstract

The project involved the adaptation of the subjects indicated in the title of the paper and taught at the Technical Architecture degrees to the EHEA. This space was introduced with the development of undergraduate degrees in universities. These new qualifications required of / as teachers the need for better planning of lessons to teach, so that education and more effective targets. It has made the adaptation of knowledge, skills, methodology, mentoring and evaluation of new guidelines set by the Degree. This has required the use and implementation of a virtual learning platform, which was hosted on two websites.

Texto comunicación

968

INTRODUCCIÓN

El actual plan de estudios de Arquitectura Técnica de la Universidad de Granada, contiene tres asignaturas pertenecientes al Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería, que son: Geometría Descriptiva y Dibujo Arquitectónico con 15 créditos cada una de ellas y la Asignatura de Diseño Asistido por Ordenador con 6 créditos. Todas estas asignaturas tienen aproximadamente un total de entre 70-100 alumnos/ as por grupo.

El próximo curso académico se va a poner en marcha el curso cuarto de los títulos de Grado. Las nuevas asignaturas a impartir en los cuatro cursos y adscritas al Departamento de expresión gráfica van a sufrir una serie de cambios importantes, no solo a efectos del número de alumnos/ as por grupo, sino también una reducción del tiempo de la docencia teórica y práctica a cursar y un aumento considerable del número de horas que el alumnado debe dedicar a los trabajos en casa, tutorías colectivas, tutorías individuales y horas de estudio. En el nuevo plan de estudios del título de grado se contemplan como parte de los módulos de formación básica y obligatoria las asignaturas siguientes: Geometría Descriptiva, Expresión Gráfica I: Procedimientos Directos y Expresión Gráfica II: Procedimientos Informáticos. Todas ellas con una asignación de 6 créditos ECTS. En este contexto de cambio es necesario el adaptar la metodología de las clases a las exigencias del EEES y todo ello con la ayuda de las nuevas tecnologías. El objetivo buscado ha sido el de profundizar, mediante la utilización de las nuevas tecnologías, en la impartición docente, realización de actividades, tutorías individuales y colectivas, sin que el docente y el alumnado se encuentren en el mismo espacio físico.

Los/ as profesores/ as participantes hemos notado en los cursos anteriores un aumento de las tasas de abandono del alumnado, que aumenta conforme se va avanzando en los contenidos de las asignaturas. Este proyecto ha contribuido a una mejor comprensión de las asignaturas graficas por parte del alumnado y por lo tanto ha mejorado considerablemente la adquisición de contenidos y competencias por parte de este, lo que ha llevado a una reducción considerable de las tasas de abandono y suspensos.

OBJETIVOS.

El objetivo general de esta comunicación es analizar y describir las técnicas y trabajos realizados para la adaptación de las asignaturas de la Titulación de Arquitectura Técnica a las nuevas exigencias establecidas en el EEES para los títulos de grado. Este objetivo general ha derivado en una serie de objetivos específicos:

1º) Puesta en marcha de una plataforma de formación a distancia. 2º) Diseñar y poner en práctica estrategias metodológicas que potencien el trabajo del alumnado. 3º) Elaborar materiales docentes específicos usando como base las nuevas tecnologías. 4º) Analizar y evaluar el desarrollo y los resultados de la experiencia docente llevada a cabo.

CONTENIDO.

Este proyecto se ha implantado de forma real durante los dos últimos cursos académicos. Se ha tratado de reducir, según lo establecido en el nuevo marco de EEES, las clases magistrales dentro de las asignaturas impartidas. Especialmente en toda la parte teórica y a favor de un seguimiento tutelar individualizado y basado en las TICs, con el objetivo de que las acciones a resolver dentro del proyecto sean desarrolladas a través del trabajo y el aprendizaje autónomo del alumnado.

Para ello se ha utilizado un sistema de gestión de aprendizaje gratuito "formación en línea", conocido con el nombre de Moodle. Este permite crear cursos o formación en líneas avanzadas, flexibles y atractivas⁹. Según la documentación técnica suministrada por Moodle, "La palabra Moodle era en origen un acrónimo de *Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*, lo que suele ser útil para programadores y teóricos de la educación. También es un verbo que describe el proceso de deambular vagamente a través de algo, haciendo las cosas según se le ocurra, un pensamiento divertido que suele llevar al conocimiento y a la creatividad".

Por lo tanto y visto desde un punto de vista pedagógico, el sistema de formación desarrollado y aplicado a nuestro campo de actuación, ha mejorado:

- 1º) La accesibilidad de los estudiantes involucrados a los materiales de aprendizaje multimedia elaborados por los/as docentes.
- 2º) La colaboración entre los/as profesores/as de distintas asignaturas.
- 3º) El aprendizaje autónomo del alumnado.
- 4º) Se mejora el trabajo en equipo, basado en problemas reales a resolver por grupos de alumnos/as y con el apoyo del profesorado.
- 5º) Se innovan y actualizan metodologías docentes, lo que estimula y motiva al alumnado.
- 6º) Se fomenta el desarrollo de habilidades por parte del alumnado.
- 7º) Permite la autoevaluación, lo que fomenta el conocimiento por parte del alumnado de sus puntos fuertes y/o débiles.

La plataforma ha sido alojada en dos páginas web; Por un lado en la página de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universidad de Granada, y cuyo acceso se realiza desde <http://etsie.ugr.es/docencia/>. Por otro lado en la página del Centro de Estudios Virtuales de la Universidad de Granada (CEVUG) y cuyo acceso se realiza a través del acceso identificado de la Universidad de Granada.

El profesorado ha realizado un esfuerzo en la elaboración de los materiales didácticos. Estos han sido reformados y adaptados a los nuevos planes de estudios. En el 75% de los casos, estos se han subido a la plataforma como ficheros de descarga PDF, pero en el resto de los casos se ha utilizado el Wimba Create. Este software permite la elaboración de contenidos didácticos integrados con otros recursos, tales como videos, animación o sonido. El profesorado participante es consciente de que el 100% de los contenidos deben de cumplir con estos requisitos y que la descarga de un fichero PDF por parte del alumnado no produce ninguna motivación ni interés especial en su estudio. Por este motivo y como consecuencia de la continuación del proyecto para los próximos cursos académicos, uno de los objetivos es el de ampliar el 100% de los contenidos mediante este tipo de aplicaciones.

⁹ RICE, William, Moodle. *Desarrollo de cursos e-learning*, editorial Anaya Multimedia, 2010.



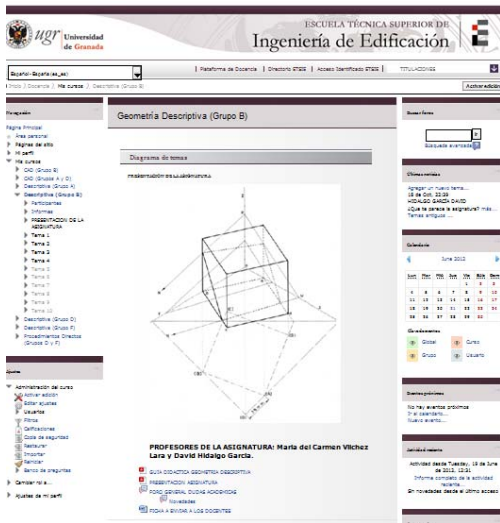


Figura 1. Plataforma Moodle Pagina ETSIE.



Figura 2. Plataforma Moodle Pagina CEVUG.

970

Con respecto a las actividades prácticas, la utilización de esta plataforma o sistema de aprendizaje permite el envío rápido y cómodo de ficheros digitalizados. No obstante y aunque todas las asignaturas participantes en este proyecto son meramente prácticas, se ha elaborado mediante la aplicación Hot Potatoes una serie de cuestionarios teóricos. Estos permiten valorar si el alumnado ha adquirido y comprendido los conocimientos teóricos o si por el contrario es necesario profundizar en el estudio de un campo o área específica. La aplicación Hot Potatoes es un conjunto de herramientas que permite la creación de contenidos multimedia de evaluación. Esta admite la realización de ejercicios teóricos del tipo: respuestas múltiples, crucigramas, relleno de palabras, emparejamiento, etc...

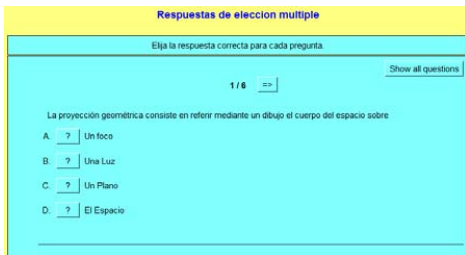


Figura 3. Ejemplo Respuestas Múltiples Hot Potatoes.

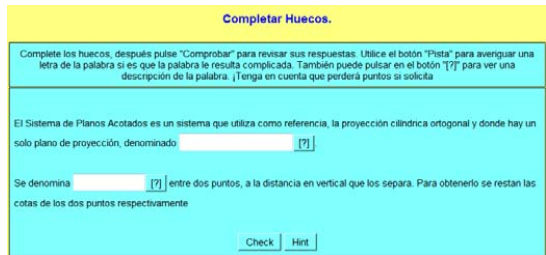


Figura 4. Ejemplo Completar Huecos Hot Potatoes

Con respecto a la comunicación tutor-alumnado, se ha realizado de una forma activa y dinámica. El motivo fundamental es porque la plataforma de enseñanza permite la realización de comunicaciones a través de correo electrónico, chats, foros y reuniones virtuales a través de la integración de la aplicación Adobe Acrobat Connect Pro. Esta aplicación permite la realización de videoconferencias o reuniones sin que los integrantes a la misma se encuentren ubicados en el mismo espacio físico. A través de las distintas aplicaciones se ha intentado realizar un especial hincapié en la capacidad y efectividad del trabajo individualizado y colectivo para la resolución de problemas y la adquisición de conocimientos y competencias.

Los puntos fuertes, débiles y posibilidades de mejora se detallan en la siguiente tabla:

PUNTOS FUERTES	PUNTOS DÉBILES	POSIBILIDADES DE MEJORA
Mayor comprensión de los contenidos subidos a la plataforma.	Fallos técnicos de la plataforma.	La plataforma elegida no permite la realización de grandes cambios en los sistemas.
Mayor capacidad de comunicación e interacción entre los participantes.	Dificultad del profesorado en el manejo de la plataforma.	Mayor participación del alumnado.
Colaboración con la Dirección de la ETS. Ingeniería de Edificación y con el CEVUG.		

Tabla 1. Descripción puntos fuertes, débiles y de mejora.

En líneas generales **los resultados de la evaluación** del aprendizaje de los estudiantes han sido positivos. El profesorado participante en el citado proyecto se encuentra satisfecho con su puesta en marcha y desarrollo, ya que el alumnado ha podido acceder con mayor facilidad a los materiales. El mismo ha tenido una participación más activa en las actividades marcadas y la comunicación docente-alumno/ a ha sido más fluida y continua. A modo de ejemplo y para el grupo de la asignatura de Geometría Descriptiva del profesor David Hidalgo García, durante el curso 2009-2010, (cuando aún no se había puesto en marcha el citado proyecto), el porcentaje de alumnos/ as suspensos o no presentados fue del 47%. En los cursos 2010-2011 y 2011-2012, cuyos alumnos/ as pudieron trabajar mediante la plataforma de formación virtual, el porcentaje de alumnos suspensos o no presentados fue del 29% y del 31 % respectivamente. Esto supone una reducción del alumnado suspenso o no presentado de un 16%.

La evaluación interna del proyecto se ha realizado mediante encuestas de satisfacción del alumnado. Es necesario incidir en un dato de extrema importancia. Este es que el 87% del alumnado participante no había utilizado este sistema de formación anteriormente y un 80% se encuentra totalmente satisfecho con el mismo. En líneas generales el alumnado se encuentra contento con la metodología, los contenidos y el sistema de formación.

CONCLUSIONES.

El profesorado interviniente en este proyecto y mediante el desarrollo del mismo, ha pretendido dar mayores posibilidades de aprendizaje para el alumnado. Nuevas oportunidades de aprendizaje y mejora del trabajo autónomo y en equipo, que les permita un mayor desarrollo profesional. Con esta idea general se desarrollaron hace décadas este tipo de aplicaciones o "formación en línea". No obstante, es necesaria una formación específica del profesorado que la utiliza, ya que si no, la formación se convierte para el alumnado en una "simple descarga de ficheros en PDF". Las herramientas de integración de aplicaciones son excepcionales y en la mayoría de los casos gratuitos. Las Universidades están realizando esfuerzos en la realización de cursos, programas o planes de formación de estas materias para su personal y en la puesta en marcha de las aplicaciones informáticas para su uso. No obstante, es necesario un mayor atrevimiento en su implantación y control de su uso por parte de los docentes. Es necesario romper con la "rutina" de las clases y para ello lo mejor es la innovación y la puesta en marcha de nuevos programas, aplicaciones o simplemente experiencias.

Referencias bibliográficas

- 1º) AA.VV, *Evaluación externa de los proyectos educativos de centros para la incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación a la práctica docente*, Consejería de Educación, Sevilla, 2009.
- 2º) AA.VV, *Proyectos de innovación docentes en las Universidades Andaluzas*, UCUA, Córdoba, 2004.
- 3º) BONEU, J.M, *Plataformas abiertas de e-learning para el soporte de contenidos educativos abiertos*, Revista de universidad y sociedad del conocimiento, Vol. 4, Num. 1: pag. 36:47, 2004.
- 4º) HotPotatoes.ca: Pagina web gratuita de descarga de la aplicación, <http://hotpot.uvic.ca/index.php>
- 5º) LANDETA Exteberria, Ana, *Nuevas tendencias de E-learning y actividades didácticas innovadoras*, Centro de estudios financieros, Madrid, 2010.
- 6º) Moodle.org: open-source community-based tools for learning, <http://moodle.org/>.
- 7º) RICE, William, *Moodle. Desarrollo de cursos e-learning*, editorial Anaya Multimedia, 2010.
- 8º) ROLDAN Martínez, David et al, *Gestión de proyectos e-learning*, Ediciones Ra-ma, Madrid, 2010.
- 9º) ZABALZA, Miguel, *La enseñanza universitaria. El escenario y sus protagonistas*, editorial Narcea, Madrid, 2004.



EL VIDEO COMO APOYO A LA DOCENCIA DEL DIBUJO ARQUITECTÓNICO.

Sonia IZQUIERDO ESTEBAN

Universidad CEU San Pablo
Departamento Teoría y Proyectos en Arquitectura y Urbanismo

Resumen

Students get used during childhood to watch videos not only to enjoy themselves but to get information. The common use of computers and projection screens in the classrooms allows using audiovisuals easily. Educational video is the video which achieves a previous designed didactic objective. Videos can be classified, in comparison to architectural drawings, as procedural, descriptive, constructive, analytical and temporal. Advantages and disadvantages of videos versus static images are compared based on the experience of using videos during the lecture titled "New sustainable materials in the pavilions at the Universal Exhibitions". Among the advantages, we can outline that video facilitate spatial comprehension; allow experimenting construction processes and buildings' behaviour to nature forces as wind and light. Videos are less useful for analyzing, because audiovisual language is a more intuitive and emotional language than static image language. Videos could be a very useful aid for teaching architectural drawing.

Introducción

Los alumnos están acostumbrados desde su infancia a ver videos como información o diversión. El número de visitas a portales como You Tube o el éxito de videojuegos prueban esta afirmación. Otro hecho probado es la menor preparación de los alumnos en temas de dibujo que acceden a la Universidad, Este hecho junto con la reducción de los tiempos de docencia prevista en los nuevos planes de estudio y la mayor dificultad en la realización de visitas a obras con alumnos por motivos de seguridad o por su escasez, hacen de la utilización del video un apoyo muy útil en la docencia.

Según afirmó Bruno Zevi (1998) "Cuando la historia de la arquitectura sea enseñada con el cinematógrafo más que con libros, la tarea de la educación espacial de la masa será ampliamente facilitada" Zevi (1998). Esta afirmación podría extenderse a cualquier asignatura que tenga que ver con la educación espacial. El video puede ser un instrumento útil al servicio del profesor universitario ya que tiene una gran potencialidad expresiva. Es capaz de hacer "vivir" la experiencia espacial de una realidad compleja, como la de la arquitectura, mucho más directamente que una imagen estática. También logra transmitir mayor número de imágenes en un corto periodo de tiempo que mediante el avance manual de las mismas en una presentación powerpoint. Por último, el video permite registrar, mediante tomas distanciadas en el tiempo, un desarrollo temporal similar a las etapas constructivas de una obra o al comportamiento de un edificio frente a fuerzas cambiantes de la naturaleza como el viento o la luz. Estos desarrollos temporales son mucho más difíciles de explicar con fotografías aisladas.

Los videos están minusvalorados debido a que los alumnos de la enseñanza obligatoria solían tener una actitud pasiva con los audiovisuales y los asociaban a entretenimiento más que a formación. La utilización del video no debe ser un sustituto a la clase ni un relleno de tiempo sobrante. En la actualidad, el audiovisual es un gran apoyo a la docencia universitaria ya que su gran avance y divulgación hacen que los videos estén fácilmente al alcance de los alumnos. Ellos pueden descargarlos en su ordenador y teléfonos y visualizarlos cuando lo deseen. La mayoría de los videos actuales son interactivos e incorporan gran cantidad de información permitiendo al alumno detener su curso para estudiar más a fondo la parte que no ha entendida o la más interesante.

Objetivo

El objetivo de esta comunicación es el análisis de las ventajas e inconvenientes del video respecto de la imagen estática en la docencia del dibujo aplicado a la edificación, en especial del dibujo arquitectónico y del dibujo de detalles constructivos. Para lograr este objetivo, primero se definen y clasifican los videos educativos según su uso. A continuación se explican las condiciones que se deben tener en cuenta para el correcto visionado de un video en clase. Para comprobar las ventajas y desventajas del lenguaje audiovisual, se han analizado varios videos de corta duración sobre pabellones construidos para la Exposición Universal de Shanghai de 2010. El método utilizado ha sido comparativo, relacionando cada video con dibujos que tengan el mismo uso, describiendo las ventajas de uno y otro respecto del uso para el que fueron creados.

Definición, clasificación y condiciones de visionado de los videos

El video educativo es aquel que cumple con un objetivo didáctico previamente formulado, Bravo (2000). Las características que debe tener un video educativo son una estructura clara y sencilla dividida en bloques o secuencias y unos elementos de unión que permitan una comprensión del mensaje. Los elementos de unión necesarios son la locución, los elementos separadores de los bloques, las repeticiones y síntesis y un buen ritmo

narrativo adecuado al nivel de comprensión del alumno.

Los tipos de videos más interesantes como apoyo a la docencia se pueden clasificar según M. Cebrián (1987) en curriculares, de divulgación cultural y científico técnicos. M. Schmidt (1987) los clasifica según el objetivo perseguido en videos instructivos, cognoscitivos, motivadores, modelizadores y lúdicos. Ferrés i Prats (1988) añade a la anterior clasificación, los videos evaluativos que sirven como espejo de una actividad y por tanto sirven para evaluarla y los metalingüísticos que se ocupan del propio lenguaje del video.

Consideramos que los videos más adecuados para apoyar la docencia universitaria son los curriculares cuyo objetivo es instructivo. Es decir, aquellos videos cuyo contenido se adapta al programa de la asignatura y debe ser dominado por los alumnos.

Según Ferrés i Prats (1988), los tipos de video teniendo en cuenta las modalidades de uso son:

1. Video-lección. Es el video que desarrolla una clase a modo de lección magistral. Aconsejable para pequeños grupos de alumnos o alumnos individuales ya que tiene la desventaja respecto de la clase presencial de no poder adaptarse al ritmo de asimilación del alumnado.
2. Video-apoyo. Es un video equivalente a las diapositivas de apoyo. Mientras el video se proyecta sin sonido, el profesor habla. Puede ser una herramienta más potente que el video-lección.
3. Video-proceso. Los alumnos son grabados o participan en la creación del video.
4. Programa motivador. Su intención principal es motivar a los alumnos para trabajar después del visionado.
5. Programa monoconceptual. Son programas breves, generalmente mudos, que se centran en un tema muy concreto.
6. Video interactivo. Resulta de la unión de la informática y el video. Hacen posible un dialogo entre alumno y video.

Si clasificamos los videos relacionados con la arquitectura y en especial con el dibujo podemos distinguir entre videos:

1. Explicativos de procedimientos gráficos, que ayudan a entender sistemas de representación como la axonometría, el diedrico o la utilización de programas informáticos.
2. Descriptivos, son aquellos videos que registran el recorrido por un edificio y ayudan a su comprensión espacial.
3. Constructivos, son los videos que explican las fases de ejecución y la fabricación de los elementos constructivos.
4. Analíticos, aquellos videos que diseccionan las construcciones o edificios en las partes que las componen.
5. Temporales, cuyo fin es mostrar los efectos de las acciones de la edificación desarrolladas en el tiempo como el viento, el agua o los cambios de luz.

Existe una cierta resistencia a introducir cambios en la forma de enseñanza; son inercias que no tienen un fundamento técnico sino principalmente obligan a un cambio de mentalidad. La utilización de ordenadores y pantallas en las aulas permite la fácil introducción de la técnica audiovisual en la enseñanza universitaria. La infraestructura utilizada en clase para las presentaciones de imágenes estáticas es la misma que la necesaria para la proyección de videos. Únicamente hay que incorporar los altavoces.

Por otro lado, según Ferrés i Prats (1988), no se trataría de usar medios audiovisuales sino de expresarse audiovisualmente. El video tiene un lenguaje propio, para Babin y Koloumdjian (1980) es un lenguaje que comunica la idea a través de las emociones. Algunas de las características del video coinciden con las características de los medios de masas. Las más importantes son la mezcla de imagen, palabra y sonido, lenguaje popular, acción, relación entre fondo y figura, recepción del mensaje de una manera corporal no sólo visual, presentación de aspectos parciales con un fondo común y un argumento que no suele ser lineal o causal sino intuitivo basado en una coherencia interna. Los alumnos están muy habituados a recibir información a través de los medios de masas por lo que el video les resulta familiar y atractivo.

El lenguaje de los videos relacionados con la arquitectura utiliza las tres dimensiones, generalmente en perspectivas más fáciles de comprender y experimentar que las dos dimensiones. Además predominan modelizaciones con variables gráficas como materiales, texturas y sombras que ayudan a percibir los espacios de una manera más próxima a la realidad. Generalmente la música sin canto acompaña los diferentes bloques y secuencias. Para facilitar la comprensión textos cortos aparecen y desaparecen o se mueven por la pantalla subrayando los aspectos fundamentales del edificio. Los videos descriptivos y constructivos juegan con fuertes cambios de escala, que van desde imágenes generales del edificio hasta detalles del tamaño de un tornillo fijado a un panel de fachada. El video permite entender el elemento constructivo aislado en las manos del jefe de obra y al mismo tiempo ver la imagen general de dicho elemento colocado en la fachada. Los cambios rápidos de punto de vista exterior-interior o general-detalle también favorecen la comprensión de los elementos constructivos y espaciales. En los videos arquitectónicos predominan argumentos intuitivos más que lineales que se traducen en un collage de pequeñas secuencias de los espacios más representativos del edificio. No se aprecian grandes efectos especiales ni manipulaciones de la imagen con filtros ajenos a la realidad. Únicamente, los videos temporales aceleran la velocidad del ritmo para mostrar un proceso de meses como la construcción de un edificio en pocos minutos. Algunos videos combinan imagen de la realidad y dibujos tridimensionales en secuencias consecutivas.



La tarea de la Universidad, según Babín y Kolooumdijan, debería consistir en unir el registro tradicional más analítico, riguroso, secuencial y abstracto con el registro más artístico, global, intuitivo y emotivo del vídeo. La conferencia utilizada para comprobar las ventajas del vídeo respecto de la imagen estática, desarrollado en el apartado experiencia práctica, intentó transmitir esa combinación de rigor y emoción. Combinación tan importante en la formación de cualquier arquitecto o arquitecto técnico.

La proyección de vídeos educativos en las aulas debería estar acompañada de una estrategia didáctica. Esta estrategia debe constar de preparación previa al visionado, visionado del vídeo y de actividades posteriores al visionado por parte del profesorado y del alumnado que permitan fijar los contenidos del programa y no quedarse sólo con lo superficial. La primera etapa de preparación consta a su vez de visionado previo, lectura de documentación adjunta al vídeo y definición de objetivos. Hay que tener en cuenta el número de alumnos, la edad y la preparación previa de los mismos. También hay que prever posibles preguntas y por último verificar los equipos y asegurar la mejor posición de las personas en el aula.

La segunda etapa comienza con una introducción al visionado que debe ser breve, conectar con los intereses de los alumnos, crear expectativas y destruir las posibles falsas expectativas. En algunos casos, es conveniente escribir en la pizarra las palabras clave o términos nuevos utilizados en el vídeo para que los alumnos puedan comprender con facilidad los términos técnicos nuevos.

Tras el visionado, debe tener lugar una reflexión para extraer conclusiones. Ésta puede empezar con preguntas sencillas del docente sobre aspectos emocionales del vídeo. A continuación, el profesor debe favorecer la reflexión crítica y racional. Se puede conocer la respuesta de los alumnos mediante pequeños controles gráficos individuales que afiancen los contenidos, cuestionarios, clasificación de ideas, informes valorativos, y trabajos en equipo sobre aspectos concretos desarrollados en el vídeo. En el trabajo posterior al visionado, el profesor puede pedir que los alumnos elaboren un listado de cuestiones abiertas que se pueden exponer en común y que pueden seguir investigando individualmente mediante unas referencias bibliográficas. Es importante que los alumnos incorporen a su espacio vital y mental lo aprendido en la pantalla. Según Ferrés i Prats (1988), la eficacia del vídeo será mayor a medida que el alumno se involucre y el profesor deje la herramienta en sus manos.

Experiencia práctica

Mi experiencia práctica con el vídeo como apoyo a la docencia fue la conferencia que impartí junto con arquitecta María Antón Barco dentro de la XI Semana de la Ciencia en noviembre de 2011. Esta experiencia me sirvió para comprender el alcance y potencial de la utilización de vídeos en la enseñanza universitaria. El lema de la undécima Semana de la Ciencia fue "Química: soluciones para un mundo sostenible" y la conferencia que se encuadró dentro del lema tuvo el título de "Nuevos materiales sostenibles en los pabellones de las Exposiciones Universales". La conferencia trataba de los materiales sostenibles en los pabellones construidos con motivo de las exposiciones de Hannover del año 2000, la exposición de Zaragoza de 2004 y la exposición de Shanghai de 2010. Utilizamos dos ordenadores y dos pantallas para impartir la conferencia.

En una pantalla proyectábamos imágenes estáticas como planos, detalles constructivos y fotografías de los pabellones. Mientras, en la otra pantalla se intercalaban vídeo-apoyos de corta duración de los procesos de creación realizados en los estudios de los arquitectos, de los edificios en construcción, de la fabricación de los elementos constructivos sostenibles más significativos utilizados sobre todo en las fachadas de los pabellones y vídeos de recorridos interiores y exteriores tanto diurnos como nocturnos de los edificios. Los vídeo-apoyos tenían una duración máxima de tres o cuatro minutos y estaban extractados de vídeos más largos. En algunos de ellos mantuvimos la música o la locución mientras que en otros vídeos cuyo idioma no era comprensible, quitamos el sonido. Los vídeos que no tenían sonido fueron fácilmente entendidos ya que las imágenes y los dibujos tienen un lenguaje universal. En algunos de ellos el sonido reforzaba el contenido pues aportaba datos sobre el proceso de fabricación o montaje de los diferentes elementos. Los diferentes idiomas utilizados en los vídeos mostraban el carácter internacional de los equipos de dirección de obra y de construcción de este tipo de pabellones.

En esta conferencia no utilizamos ningún **vídeo explicativo** de procedimientos de dibujo en la conferencia citada ya que el tema no trataba sobre los sistemas de representación pero existen muchos vídeos de este tipo en Internet. Son los vídeos llamados screencasting, que consisten en una grabación de la pantalla del ordenador en la que el profesor realiza un procedimiento de dibujo por ordenador y le añade su voz narrando el procedimiento. La ventaja respecto de las imágenes capturadas de la pantalla es que el alumno puede seguir los movimientos del ratón en tiempo real y saber cuándo y dónde se debe escribir texto.

Podemos extraer algunas ventajas de los **audiovisuales descriptivos** proyectados comparándolos con los dibujos. Los vídeos aportaron una mayor rapidez de comprensión espacial que los planos en dos dimensiones o las complejas axonometrías globales y sustituyeron a un gran número de perspectivas, que además se percibían relacionadas unas con otras. Algunos de estos pabellones tienen geometrías complejas que son difícilmente comprensibles sin un recorrido exterior o interior del edificio que vaya mostrando por partes y poco a poco la complejidad de los espacios resultantes. La percepción no sólo visual sino corporal de los efectos de la luz, la escala humana e incluso la sensación de temperatura ayudaron a obtener una primera impresión más completa y global del edificio. El trabajo posterior consistiría en analizar con detalle los planos y detalles para dominar su geometría y la relación forma-espacio. Hay dos grandes grupos de vídeos descriptivos disponibles en internet. Los primeros realizados por personas que visitan los

pabellones y muestran un recorrido del mismo. Suelen transmitir una imagen realista del edificio a nivel de visitante pero muchas veces son reiterativos. El segundo grupo de videos descriptivos son los videos realizados por profesionales. Estos utilizan modelizaciones virtuales y fotografías que se desplazan en la pantalla. Ambas herramientas aseguran mejores encuadres y mayor dominio de las sombras pero muestran visiones parciales del edificio poco realistas y muy seleccionadas.

El video descriptivo seleccionado es el que muestra el pabellón de Alemania diseñado por los arquitectos Schmidhuber y Kaindl y titulado "Balancity. A city in balance. The German Pavilion. Expo Shanghai 2010". El audiovisual comienza mostrando el ritmo frenético y la gran escala de la ciudad de Shangai. Menciona el lema de la exposición que fue "Better city. Better life""Mejor ciudad. Mejor vida". Finalmente muestra la complejidad formal y espacial del pabellón alemán. Complejidad que sería más difícil de entender con planos o imágenes estáticas



Fig 1. Video descriptivo del pabellón de Alemania en la exposición de Shangai de 2010
<http://www.youtube.com/watch?v=3yt5pl0nHNM>

Las fases constructivas de los pabellones fueron más fácilmente comprensibles con un **video constructivo** que con los dibujos de detalles o las diferentes fotos tomadas en obra. Para alumnos de primeros cursos es muy útil tener una visión general de procesos constructivos antes de descender a los detalles concretos. Destacamos los videos del proceso constructivo del pabellón español de 2010 en Shangai diseñado por el estudio EMBT de Benedetta Tagliabue. Seleccionamos, para la conferencia, un video del proceso de diseño que muestra la creación de maquetas, planos y dibujos tridimensionales del pabellón español. El video está realizado por la Sociedad Estatal para las Exposiciones Internacionales (SEEI).

El segundo video realizado por Televisión Española mostraba la fabricación de los paneles de mimbre por artesanos chinos. Se titulaba "Ynipsa construye el pabellón de España para Expo de Shangai" y explicaba la ligereza de los paneles, la habilidad y rapidez con que se doblaba y tejía el mimbre y la economía de su transporte en moto. También permitió entender mejor las visiones generales de la obra, la escala física de los elementos constructivos, las zonas de acopio de material y la organización en general de las circulaciones. También se comprendieron mejor la superposición de materiales en las fachadas. En algunos videos constructivos, la aceleración del ritmo mismo permite ver los momentos más importantes del proceso constructivo en pocos minutos.



Fig 2. Fabricación paneles de mimbre del pabellón de España en la Exposición de Shangai. 2010.
<http://www.youtube.com/watch?v=zePrQHqCYqs>

En relación con los **videos analíticos**, destacamos que son los más escasos. La animación de una modelización del pabellón finlandés utilizó la transparencia con imágenes estáticas para explicar el programa y el giro alrededor del volumen para explicar la forma y el espacio del edificio. El pabellón diseñado por JKMM en forma de taza tenía un gran espacio interior abierto al cielo. El video muestra el programa de la planta primera, segunda y tercera y la estructura metálica. Finalizaba explicando, en escala de detalle, la fachada formada a partir de escamas de un material formado por papel y plástico llamado UPM_Profi. El video mostraba desde los aspectos formales, analíticos y de detalle con un buen ritmo y con gran economía de medios.

Quizás el video analítico sea un campo a investigar y desarrollar que todavía esté en desventaja frente a la imagen estática analítica. Este hecho nos confirmó que el profesor debe seleccionar el medio más adecuado para la consecución de unos objetivos previos, estableciendo las condiciones optimas para el aprendizaje Ferrer i Prats (1988). Quizás para los aspectos analíticos y abstractos de la arquitectura siga funcionando mejor la imagen estática.



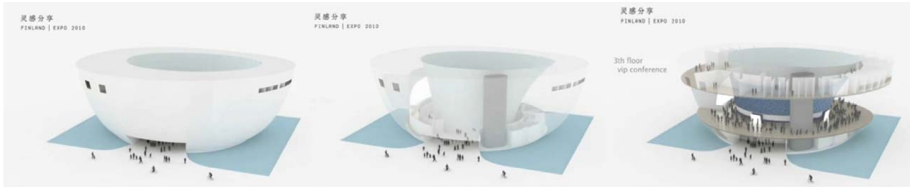


Fig 3. Video analítico del pabellón de Finlandia en la Exposición de Shanghai. 2010. <http://www.youtube.com/watch?v=SiM7cy98T60>

Por último, seleccionamos un **video temporal** que explicaban el comportamiento de algunos pabellones frente a las acciones de la naturaleza como el viento o los cambios de luz y los juegos de color de la iluminación nocturna. Destacamos el video del pabellón británico para la misma exposición de Shanghai El edificio diseñado por el estudio inglés Heatherwick y titulado como Seed Cathedral, la Catedral de las semillas, tenía una fachada formada por delgados tubos de plástico de siete metros y medio que contenían semillas. Las fibras se movían con el viento, conducían la luz al espacio interior y se iluminaban por la noche. Estos cambios serían muy difíciles de entender con imágenes estáticas.

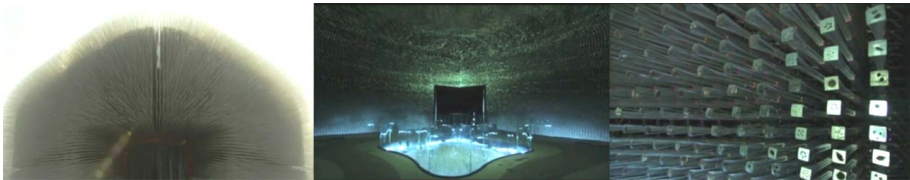


Fig 4. Video temporal que explica el comportamiento del pabellón del Reino Unido frente al viento y a los cambio de luz en la Exposición de Shanghai. 2010. http://www.youtube.com/watch?v=kq_GVcApKQD

La conferencia incorporó otros videos muy interesantes como el del pabellón japonés construido a base de tubos de papel diseñado por Shigeru Ban para la Expo de Hannover de 2000, que permitía apreciar el peso de los tubos y su montaje formando una cubierta curva. Otros videos interesantes fueron el del pabellón de España para la Expo de Zaragoza de 2008 en el que el arquitecto Francisco Mangado explicaba el edificio y la fábrica Cumella mostraba el proceso de extrusionado y cocción de las columnas de cerámica. Otros videos proyectados durante la conferencia fueron el del pabellón de Italia y Japón ambos construidos para la Expo de Shanghai ya mencionada. El juego de la luz en los paneles de hormigón traslúcido italiano y los variados colores del gas de la membrana del pabellón Space Incubator japonés se pudieron experimentar de una manera más real mediante los videos. Por las limitaciones de esta comunicación es imposible explicar todas las posibilidades de los videos proyectados en al conferencia.

La utilización de la doble pantalla y los videos nos permitieron mostrar gran cantidad de información en tan sólo una hora de conferencia. Las diferentes bandas sonoras, el ruido de las obras de construcción y la voz de algunos narradores sumados a la velocidad del ritmo de los videos atrajeron la atención del público durante todo la conferencia. Además la posibilidad de poder elegir entre la imagen de una pantalla o el video de la otra, daba mayor libertad a la audiencia para detenerse en aquella información que más le interesaba. Al final proyectamos algunas referencias bibliográficas para futuras investigaciones y profundizaciones en el tema. Tras la conferencia, no tuvimos ocasión de realizar ningún ejercicio para conocer si la audiencia había comprendido el contenido de la conferencia. Obtuvimos comentarios de algunos profesores y alumnos que nos transmitieron libremente que habían revivido sus colaboraciones en estudios como los que se mostraban en los videos, otros habían experimentado la sensación de recorrer de nuevo edificios conocidos en sus vistas a las exposiciones o se habían sentido dentro de la vorágine de una obra de la envergadura internacional de estos pabellones. Otros preguntaron por alguno de los novedosos materiales y complejos sistemas constructivos que desconocían. Estos comentarios nos demostraron que los videos habían logrado captar su atención, incrementar su comprensión de los espacios exteriores e interiores y de los procesos constructivos. En general los videos habían logrado transportarlos a lugares tan lejanos como Hannover o Shanghai y transmitir una experiencia de la arquitectura más emocional y cercana a la realidad.

Conclusiones

El hecho de que las nuevas generaciones de alumnos estén acostumbrados a ver videos unido a la menor preparación con la que acceden a la Universidad, a la reducción de los tiempos de docencia prevista en los nuevos planes de estudio y la mayor dificultad en la realización de visitas a obras con alumnos por motivos de seguridad o por su escasez, hacen del video un gran apoyo a la docencia. La Universidad debería relacionar el registro tradicional más analítico, riguroso, secuencial y abstracto con el registro más artístico, global, intuitivo y emotivo del video.

Los videos más adecuados para apoyar la docencia universitaria son los curriculares cuyo objetivo es instructivo, es decir aquellos videos cuyo contenido se adapta al programa de la asignatura y debe ser dominado por los alumnos.

Relacionando los videos con los dibujos arquitectónicos podemos clasificarlos en explicativos, descriptivos, constructivos, analíticos, temporales. Los videos descriptivos son útiles para la enseñanza de la asignatura de Dibujo Arquitectónico ya que facilitan la comprensión espacial de los edificios estudiados en clase. En cambio los videos más interesantes para la asignatura de Dibujo de Detalles Constructivos posiblemente sean los videos constructivos, pudiendo incluso sustituir a visitas de obras o fábricas. Los videos analíticos son los menos desarrollados y los temporales son más sugerentes que instructivos. Quizás estos dos últimos tipos de videos tengan mayor interés para alumnos de cursos superiores relacionándolos con asignaturas como estructuras o instalaciones.

La proyección de videos educativos en las aulas universitarias debería estar acompañada de una estrategia didáctica y nunca ser entendidos como sustitución de la labor del profesor sino como apoyo didáctico. La estrategia debe constar de preparación previa al visionado, visionado del video y de actividades posteriores al visionado por parte del profesorado y del alumnado que permitan fijar los contenidos del programa y no quedarse sólo con lo superficial. Es importante que los alumnos incorporen a su espacio vital y mental lo aprendido en la pantalla. La eficacia del video será mayor si en el futuro el alumno se involucra en la producción de los videos.

De la conferencia que impartí dentro de la XI Semana de la Ciencia en noviembre de 2011, en la que se mostraron videos de los tipos descritos anteriormente, se puede concluir que los videos habían logrado captar mejor que las imágenes estáticas la atención de los alumnos, incrementar su comprensión de los espacios exteriores e interiores respecto de los documentos en dos dimensiones y entender los procesos constructivos de una manera global. En general, los videos habían logrado transportarlos a lugares lejanos y transmitir una experiencia de la arquitectura más emotiva y cercana a la realidad. Estas reflexiones pueden servir de base para una posible introducción del video como apoyo en la enseñanza universitaria en las asignaturas relacionados con la Arquitectura y la Edificación.

Referencias bibliográficas

- AGUILERA, M. de, 2003, *Videojuegos y educación*, Centro Nacional de Información y Comunicación Educativa, MEC, nº 2 Torrelaguna.
- BABIN, P. Y KOULOUMDJIAN, 1981, *Les nouveaux modes de comprendre. La génération de l'audiovisuel et de l'ordinateur*, Centurion, París.
- BARROSO, Jaime, 2008, *Realización audiovisual*, Síntesis, Madrid.
- BRAVO, J.L., 1999, "Aplicaciones de los sistemas interactivos a la docencia universitaria". En I Symposium Iberoamericano sobre didáctica universitaria. Santiago de Compostela.
- BRAVO, J.L. 2000, *El video educativo*, <<http://www.ice.upm.es/wps/jlbr/Documentacion/Libros/Videdu.pdf>>
- CEBRIAN, M., 1987, *El video Educativo*. En Actas del II Congreso de Tecnología Educativa. Madrid: Sociedad Española de Pedagogía.
- COMISKEY, D. & McCARTAN, K., 2011, *Video: An Effective Teaching Aid? An Architectural Technologist's Perspective*, CEBE Transactions, Vol. 8, Issue 1.
- ECO, U., 1984, *Obra abierta*, Arel, Barcelona.
- FERRES I PRATS, Joan, 1988, *Video y educación*, Cuadernos de pedagogía, Laia, Barcelona
- FERRES I PRATS, Joan, 1991, *El video enseñar video, enseñar con el video*, Gustavo Gill, México.
- GIACOMANTONIO, Marcello, 1979, *La enseñanz audiovisual, metodología didáctica*, Gabriela Mazzota, Méjico.
- MALLAS, S., 1985, *Video y enseñanza*, Instituto de Ciencias de la Educación, Universidad de Barcelona, Barcelona.
- MALLAS, S., 1987, *Didáctica del video*, Servei de Cultura Popular, Alta Fulla, Barcelona.
- MARQUES, P., 2003, *Los videos educativos: tipología, funciones, orientaciones para su uso*. <<http://dewey.uab.es/pmarques/videoori.htm>>
- MESO, Koldo, 1998, *Educación en Internet*, Anaya multimedia, Madrid.
- SCHMIDT, M., 1987, *Cine y video educativo*, MEC, Madrid.
- ZEVI, Bruno, 1998, *Saber ver la arquitectura, ensayo sobre la interpretación espacial de la arquitectura*, Madrid.

Referencias audiovisuales

- <http://www.youtube.com/watch?v=3yf5pl0nHNM>
<http://www.youtube.com/watch?v=zePrQHqcYqs>
<http://www.youtube.com/watch?v=SiM7cy98T60>
http://www.youtube.com/watch?v=kq_GVcApKQD



Mercedes JIMÉNEZ MUÑOZ

Universidad de Extremadura
Departamento de Expresión Gráfica

Resumen

This paper presents the experience based on the application of the techniques for conducting academic work with format of videotutorial as a comprehensive guided method to analyze the various phases of a theoretical foundation, a graphical construction, a practical execution or an alternative solution.

The generated material puts to the service of the teaching-learning process as documentation for reviews, consultations or advanced analyses.

By means of the use of the videotutorial like multimedia tool allows for great educational and training benefits:

- To reinforce the contents of the involved subjects.
- To generate a material of guided query for all the students.
- To develop instrumental transverse competences, personal and systemic.
- To promote as specific objectives the capacities for:
 - In detail explain a part of the theoretical or practical content of the subjects.
 - Devise the practical examples that document the sequence of the processes in the generation of the technical solution.

INTRODUCCIÓN

En el primer curso de los títulos de grado pertenecientes a la rama científica de Ingeniería y Arquitectura se ha detectado un déficit en el desarrollo de aquellas capacidades que el alumno necesita para asimilar y estructurar contenidos de carácter gráfico o tecnológico, explicar un procedimiento constructivo, aportar posibles soluciones, secuenciar unos procesos, comparar métodos científicos, organizar la información o elaborar supuestos prácticos.

Este trabajo presenta la experiencia basada en la aplicación de las técnicas que permiten la realización de trabajos académicos con formato de videotutorial como herramienta para profundizar en la ampliación de alguno de los contenidos teóricos de las asignaturas implicadas o en la presentación del desarrollo secuencial de los procesos de generación de un ejercicio práctico.

El proyecto se lleva a cabo ofreciendo a los estudiantes una formación básica inicial sobre el tema, seguida de apoyo, asesoramiento y orientación. Con el fin de facilitar la puesta en marcha, se elabora una Guía didáctica para la implantación que recoge las directrices fundamentales.

Con carácter general, es de aplicación en aquellas materias que, por su carácter experimental, científico o tecnológico, son susceptibles de beneficiarse de un exhaustivo método guiado para analizar las diversas fases de una fundamentación teórica, una construcción gráfica, una ejecución práctica o una solución alternativa.

El material generado se pone al servicio del proceso de enseñanza aprendizaje como documentación para repasar, consultas, profundizaciones o análisis avanzados.

Mediante el uso del videotutorial como herramienta multimedia se pretende mejorar la preparación de los estudiantes para comunicar de forma efectiva (en expresión y comprensión) conocimientos, procedimientos, resultados e ideas en la redacción de documentación técnica.

Aplicando la metodología que se propone, también se favorece el desarrollo de las capacidades personales de análisis y síntesis para planificar y organizar el trabajo, afrontar el aprendizaje autónomo, resolver problemas y tomar decisiones. A la vez que se refuerzan las habilidades para las relaciones dentro del grupo, la creatividad, la capacidad de razonamiento crítico y la adaptación a nuevas situaciones.

La aplicación del presente proyecto, mediante el asesoramiento y la orientación que se ofrece al estudiante y la referencia de la Guía didáctica para la implantación, permiten obtener grandes ventajas docentes y formativas derivadas de la utilización de esas técnicas, entre las que cabe destacar:

- Reforzar los contenidos de las asignaturas implicadas.
- Generar un material de consulta guiada para todos los alumnos.
- Desarrollar competencias transversales instrumentales, personales y sistémicas.
- Adquirir destrezas y habilidades.
- Potenciar como objetivos específicos las capacidades para:
 - Explicar pormenorizadamente una parte del contenido teórico o práctico de las asignaturas.
 - Elaborar los ejemplos prácticos que documenten la secuencia de los procesos en la generación de la solución técnica.

Se trata de aplicar una experiencia piloto basada en propuestas de innovación educativa que algunos autores denominan STI (Sistemas Tutoriales Inteligentes), EVEA (Entornos Virtuales de Enseñanza y Aprendizaje) o TAC (Tecnologías para el Aprendizaje y el Conocimiento).

OBJETIVOS

Ese proceso compartido de exploración de los procedimientos técnicos de una construcción o un diseño se orienta según los siguientes objetivos generales:

- Generar videotutoriales didácticos como vehículo para comunicar contenidos académicos, ilustrar diferentes métodos de desarrollo secuencial de un ejercicio práctico o las fases de una construcción gráfica y aportar soluciones técnicas alternativas, resultados o ideas.
- Estructurar un material docente de consulta guiada, como documentación al servicio del proceso de enseñanza aprendizaje, para repasos, consultas, profundizaciones o análisis avanzados.
- Favorecer el desarrollo de las competencias transversales instrumentales, personales y sistémicas:
 - Capacidad de análisis y síntesis para planificar y organizar el trabajo, afrontar el aprendizaje autónomo, resolver problemas y tomar decisiones.
 - Creatividad, capacidad de razonamiento crítico y la adaptación a nuevas situaciones.

CONTENIDO

Mediante la configuración de un marco de referencia basado en un sistema tecnológico de aprendizaje y el desarrollo de un proyecto educativo dinámico que se adapte convenientemente a los objetivos de las materias implicadas y a los objetivos finales de aprendizaje se pretende conseguir una adecuada organización, programación, ejecución y supervisión de la actividad docente.

Metodología

La metodología aplicada sirve de nexo entre las actividades formativas presenciales, no presenciales y la acción tutorial. Se trata de reforzar los procesos de enseñanza y aprendizaje de estas disciplinas con la elaboración de material docente que permita al profesorado documentar con ejemplos directos la exposición de los contenidos teóricos y facilite al alumnado la asimilación, estructuración, ampliación y organización coherente de sus conocimientos.

El sistema educativo tradicional que transmite la información y el saber de forma rígida y estereotipada se renueva y actualiza. Los ordenadores, que ya son una herramienta fundamental para el dibujo, el diseño y el aprendizaje, se convierten ahora también en soporte de la propia estrategia formativa, como vehículo para exponer los contenidos en el aula y como instrumento para asimilarlos y profundizar en ellos.

Al tiempo que se potencia el intercambio de experiencias docentes y se propicia la iniciación en sistemas de investigación e innovación educativa, el uso didáctico de las Tecnologías de la Información y la Comunicación aumenta la motivación de los estudiantes y facilita el acceso a la información.

El profesor asesora y guía el aprendizaje de los alumnos para ilustrar la resolución de problemas prácticos. Se aprovecha la tecnología para desmenuzar el todo, sintetizar las partes y rediseñar una nueva configuración en cada tema. La comunicación multimedia incorpora los elementos editoriales tradicionales: dibujos, textos e imágenes en un entorno audiovisual dinámico compuesto por animaciones y sonido mediante un programa de grabación en pantalla que permite crear una secuencia de vídeo a partir de cualquier acción que se produzca en el monitor del ordenador.

Cada videotutorial contiene en su desarrollo diferentes fragmentos o unidades de comunicación que se integran y complementan potenciando la capacidad explicativa y la claridad expositiva de un producto ágil que capta fácilmente la atención del destinatario del mensaje. Un planificado diseño organizará la sucesión de los diferentes elementos que se incorporan, estructurará los formatos, dispondrá los efectos de transición y medirá los tiempos de la secuencia narrativa audiovisual.

No se trata de proponer una alternativa a la formación tradicional sino de proporcionar estrategias de refuerzo del sistema de enseñanza aprendizaje basadas en texto, sonido e imágenes en movimiento que explican y documentan el desarrollo de un tema.

Elaboración y producción

Para la elaboración del videotutorial se utiliza el programa informático Camtasia Studio de Techsmith Corporation, que ofrece la posibilidad de incorporar una gran variedad de tipos de archivos (vídeo, audio o imágenes) y diversidad de formatos. La interfaz se distribuye en cinco apartados: lista de tareas, lista de clips, grabador de pantalla, tabla del tiempo y reproductor del documento.

La lista de tareas facilita el acceso a las utilidades de grabación, importación de archivos, opciones de edición y producción. En la lista de clips se



van situando ordenadamente según su tipología los diferentes elementos multimedia fuentes, generados o importados, dispuestos para su utilización. El grabador de pantalla controla y almacena la información visualizada en el monitor del ordenador mientras se realiza alguna tarea con cualquier software, pudiendo registrarse simultáneamente el audio con las explicaciones que acompañen las fases del desarrollo.

El proceso de edición se lleva a cabo en la tabla de tiempo incorporando los materiales visuales o de audio en las pistas de grabación, según su secuencia y con la duración correspondiente. El efecto y la sincronización se pueden ir comprobando en cada momento sobre el reproductor.

Además de los ajustes en los efectos de ampliación y delimitación de la zona a visualizar y las transiciones entre las diversas escenas, puede resultar conveniente añadir sobre la imagen títulos, etiquetas o hipervínculos hasta obtener el resultado deseado. Para la producción definitiva como videotutorial puede seleccionarse el tamaño y el formato de exportación más adecuado a la calidad del canal de difusión.

Plan de trabajo

Con el fin obtener un mejor aprovechamiento, se propone el seguimiento de las pautas de un plan de trabajo articulado en las siguientes fases.

- **Análisis previo.** El plan de trabajo se inicia con una preparación conjunta de los profesores implicados para intercambiar opiniones sobre las mejoras que la utilización de la técnica del videotutorial puede aportar en la docencia y valorar los aspectos concretos destacables en su aplicación a cada materia.
- **Guía didáctica.** Posteriormente se elabora una guía de referencia que contemple las consideraciones de carácter general y regule el protocolo a seguir: recomendaciones técnicas, contenido del trabajo académico propuesto y proceso de elaboración del videotutorial.
 - **Recomendaciones técnicas:**
 - guion previo
 - locución, léxico y entonación
 - software para la grabación y edición
 - documentos de consulta
 - **Contenido adicional del trabajo académico:**
 - presentación: título, autor y fecha
 - resumen extendido
 - extended abstract
 - objetivos
 - metodología aplicada
 - conclusiones
 - **Proceso de elaboración:**
 - guion definitivo
 - grabación
 - edición
 - producción
- **Taller formativo.** Una vez asignados los trabajos académicos individuales o de grupo a los alumnos, se programa un seminario para impartir los conceptos elementales y guiar los procedimientos básicos de las técnicas de aplicación.
 - **Formación básica inicial**
 - Conceptos fundamentales
 - Consideraciones de carácter general
 - Procedimientos técnicos
 - Aplicación práctica
- **Apoyo y asesoramiento.** A partir de esa formación inicial se pone en marcha el sistema de tutorías para la orientación y seguimiento de los estudiantes.
- **Evaluación.** Finalizado el plazo de entrega, se procede a la evaluación de los videotutoriales elaborados.
- **Valoración técnica.** De cada videotutorial se realiza una valoración técnica, añadiendo los comentarios o recomendaciones oportunas e incorporando unas cuestiones al final a modo de guía de autoevaluación para comprobar si se ha entendido y asimilado.
- **Catalogación.** Se lleva a cabo la distribución por temas o tipo de contenidos en función de si se desarrollan conceptos teóricos, se exponen informaciones gráficas, se describen procedimientos o se aportan aplicaciones. Dentro de las diferentes categorías la clasificación se realiza atendiendo a los niveles de dificultad (bajo, medio, alto) o según el grado de complejidad (básico, normal o avanzado). Una vez seleccionado y organizado el material audiovisual por temas, categorías y nivel se realiza su presentación en el aula y se difunde a través del campus virtual o del portal educativo.
 - **Categorías:**
 - Profundizar en alguno de los temas de la asignatura.
 - Secuenciar el proceso de elaboración de un supuesto práctico.
 - Estructurar contenidos de carácter gráfico o tecnológico.
 - Analizar las diversas fases de una fundamentación teórica.

- Documentar una construcción gráfica.
 - Aportar posibles soluciones.
 - Comparar métodos científicos.
 - Proponer una solución alternativa.
 - Organizar la información.
 - Etc.
- Difusión. La difusión a través del campus virtual permite que toda la documentación generada constituya un apreciado material didáctico para el conjunto de alumnos, sirviendo como repaso de los temas, como refuerzo de los contenidos más avanzados o como ejemplo desarrollado de supuestos prácticos.
 - Portal educativo. El desarrollo de una plataforma virtual permite diseñar un entorno ordenado de formación que aplica los sistemas tutoriales inteligentes como asistentes interactivos de la enseñanza. Estableciendo unas relaciones secuenciales lógicas, orientadas a mejorar el aprovechamiento, a modo de organigrama entre las diferentes jerarquías, se genera una biblioteca de contenidos digitales guiados como apoyo del sistema educativo.
 - Informe final. A partir de un estudio cuantitativo y cualitativo de los resultados de la experiencia, se elabora una memoria que resume los resultados obtenidos y que incluya una valoración global del proceso.

CONCLUSIONES

La aplicación y puesta en marcha de este proyecto permite:

- Elaborar documentos multimedia generados: a partir de un enunciado del programa académico, para la consecución de objetivos concretos de aprendizaje definidos previamente o conforme al rediseño o modificación de unos elementos para obtener otros de mayor complejidad.
- Poner al servicio de la comunidad educativa un portal virtual de contenidos didácticos digitales debidamente ordenados e interrelacionados para un aprovechamiento personalizado que se ajusta a los intereses o niveles del usuario
- Difundir las ventajas del uso didáctico de los sistemas de tutoriales inteligentes como eficaz complemento de apoyo en la labor docente del profesor y de la tarea de aprendizaje de los estudiantes.
- Analizar las posibilidades para su aplicación en cada materia del área de conocimiento y adaptar la plataforma multimedia según el tipo de asignatura.
- Reorientar la infraestructura para la generación de conocimiento aprovechando la transversalidad de otros contenidos.
- Utilizar las herramientas necesarias para explorar nuevos conocimientos y adquirir ciertas destrezas.
- Aplicar una nueva configuración formativa que puede superar las deficiencias de los sistemas convencionales.
- Impulsar la utilización de estas técnicas de exploración de contenidos docentes en los entornos de investigación.

Referencias bibliográficas

- Arona, G M, Huapaya, C R & Lizarralde, F A 2005, 'Enseñanza de la Ingeniería con Sistemas Tutoriales Inteligentes', *Información tecnológica*, vol. 16, Nº 5, pp 75-78.
- Bautista, G, Forés, A, Borges, F 2006, *Didáctica universitaria en entornos virtuales de enseñanza-aprendizaje*, Narcea, Madrid.
- Cebrián, M 2003, *Enseñanza virtual para la innovación universitaria*, Narcea, Madrid.
- Cebrián, M 2005, *Tecnologías de la información y comunicación para la formación de docente*, Ediciones Pirámide, Madrid.
- Fernández, D, Bonet, M 2009, 'Camtasia Studio, creación de animaciones multimedia educativas', @fic. *Revista d'innovació educativa*, Nº 3, pp 137-140.
- Franco, J M 1994, *Aplicaciones del diseño asistido por ordenador a la arquitectura. Herramientas de trabajo para el diseño arquitectónico*, Universidade da Coruña, La Coruña.
- Nafría, E 2001, *Integración del vídeo en la enseñanza. Evaluación e implicaciones*, Universidad Complutense, Madrid.
- Orrubia, J 2007, 'Las tecnologías de la información y la comunicación como instrumento de apoyo a la innovación de la docencia universitaria', *Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, Nº 58, pp 21-36.
- Rodríguez, R M 2003, 'Reaprender a enseñar: una experiencia de formación para la mejora continua de la docencia universitaria', *Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, Nº 47, pp 79-94.
- Salinas, J 1992, *Diseño, producción y evaluación de vídeos didáctico*, Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca.**
- Salinas, J, Cabero, J & Aguaded, J I 2004, *Tecnologías para la educación: diseño, producción y evaluación de medios para la formación docente*, Alianza Editorial, Madrid.
- Salinas, J, 2004, 'Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria', *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)*, UOC, Vol. 1, nº 1, visitada el 21 de febrero de 2012, <http://www.uoc.edu/rusc/dt/esp/salinas1104.pdf>**



Pablo J. JUAN GUTIÉRREZ

Universidad de Alicante
Departamento de Expresión Gráfica y Cartografía

Resumen

La tecnología, ese conjunto de teorías y técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento (científico), es muchas veces asociada sin discriminación al mundo digital. Computadoras, programas y periféricos significan, demasiadas veces y para demasiados docentes y discentes, a la única tecnología. La presente comunicación pretende defender y subrayar que una excelente Docencia de la Expresión Gráfica debe considerar la sincronía de las tecnologías actuales y, por eso, nuevas. Mediante una traslación de significantes analizaremos el dibujo manual desde el punto de vista de la tecnología y el dibujo digital a través de una perspectiva de lo tradicional e intentaremos ofrecer una visión carente de prejuicios de los pros y contras de unos métodos que, lejos de excluirse, deberían remitirse intencionadamente y enseñarse sincrónicamente.

Abstract

The technology, this set of theories and techniques that enable the practical use of knowledge (science) is often associated to the digital world without discrimination. Computers, software and peripherals mean, too often and too many teachers and students, the only technology. This communication aims to defend and to stress that an excellent Graphic Expression Teaching should consider the timing of current technologies and, therefore, new. We will face drawings and sketches to scale and computer graphics to try to provide unprejudiced vision of the pros and cons of methods that, far from excluding, should be taught synchronously.

Texto comunicación

INTRODUCCIÓN

La tecnología, ese conjunto de teorías y técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento (científico), es muchas veces asociada sin discriminación al mundo digital. Computadoras, programas y periféricos significan, demasiadas veces y para demasiados docentes y discentes, a la única tecnología. En este sentido de la misma manera que la música antigua deviene en contemporánea en el momento de su ejecución, comprensión y disfrute, un lápiz (esa anatómica composición de grafito y madera) puede entenderse como una tecnología rabiosamente actual desde el momento en que lo tenemos en cuenta para la docencia de la expresión gráfica y, por ende, para la representación de la arquitectura.

La presente comunicación pretende defender y subrayar que una excelente Docencia de la Expresión Gráfica debe considerar la sincronía de las tecnologías actuales y, por eso, nuevas. El lápiz y el papel, entonces, formarán parte de las nuevas tecnologías que deberían considerar las asignaturas más "modernas" impartidas en nuestras escuelas. Cabría preguntarse, además, por la larga vida que está teniendo el dibujo manual frente a la efímera trayectoria de determinados programas, por no hablar de la obsolescencia incesante que caracteriza nuestras computadoras... no así, debemos reconocerlo, del mundo digital y virtual, que ha venido para quedarse.

Mediante una traslación de significantes analizaremos el dibujo manual desde el punto de vista de la tecnología y el dibujo digital a través de una perspectiva de lo tradicional. Veremos entonces cómo conceptos revestidos de modernidad esconden en realidad prejuicios antiguos y otros conceptos, tradicionales, se construyen como arriesgadas y fecundas apuestas docentes. Enfrentaremos, también, dibujos y croquis a puestas a escala e infografías para intentar ofrecer una visión carente de prejuicios de los pros y contras de unos métodos que, lejos de excluirse, deberían remitirse intencionadamente y enseñarse sincrónicamente.

OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo son:

1. Analizar la temporalidad desarrollada durante el grafismo tradicional y digital
2. Comprender y analizar el grafismo digital desde el punto de vista del tradicional
3. Comprender y analizar el grafismo tradicional desde el punto de vista del digital
4. Comparar ambas maneras de entender el dibujo para desgranar sus similitudes y sus diferencias fundamentales

Cumplidos estos objetivos estaremos en condiciones de desgranar una serie de conclusiones encaminadas a orientar en el ámbito de la innovación docente en expresión gráfica.

MÉTODO Y PROCESO DE TRABAJO

El método que se va a seguir en el presente trabajo es:

1. Análisis de la temporalidad tradicional
2. Análisis de la temporalidad digital
3. Análisis del grafismo digital (trasladando significantes)
4. Análisis del grafismo tradicional (trasladando significantes)
5. El grafismo tradicional frente al digital

1. Análisis de la temporalidad tradicional

Un entorno de dibujo tradicional se caracteriza, precisamente, por desarrollar una temporalidad tradicional y, por este mismo motivo, desapercibida. Podemos, para revelar dicha temporalidad desapercibida por común, cotidiana y milenaria, explicar brevemente cómo es la experiencia del tiempo (y el tiempo en sí) contenida implícitamente durante los métodos de expresión gráfica tradicionales. Tenemos:

- **Sincronización de continente** (entendido como soporte) **y contenido** (entendido como pigmento): El soporte es indisoluble del dibujo y, aunque lógicamente no son lo mismo, conforman, los dos, un mensaje (a descifrar) conjunto. El dibujo se trata, en parte, de modificar físicamente el soporte mediante diferentes herramientas y, finalmente, el símbolo al que remite el dibujo lo hace en relación a dicho soporte modificado. Por ejemplificar podemos decir que el papel y el grafito están sincronizados hasta el punto que, en numerosas ocasiones (en las que el papel ejerce de figura y el grafito de fondo), los roles de ambos se intercambian.
- **Sincronización de continente-contenido** (o dibujo propiamente dicho) **y símbolo**: Concretando podemos decir que el pigmento y su soporte material (continente modificado) y el símbolo inmaterial (la renitencia de dicho conjunto material) conforman una unidad. La sincronización implica bilateralidad, es decir, no sólo modificando el mundo material (del dibujo) se modifica el mundo inmaterial (de los símbolos a los que remite, de las ideas contenidas) sino que modificando el mundo simbólico e inmaterial conseguimos modificar el significado (y por tanto la representación del dibujo en sí) que dicho mundo material contiene. El mundo de los significados (símbolos, ideas) y los significantes (pigmentos, dibujos) no se encuentran aislados.
- **Sincronización del dibujo y su significado con el ser**: No existe mensaje sin emisor y receptor o, dicho de otra manera, no importa. Tanto el receptor como el emisor de un dibujo se transforman, al final, en manipuladores de éste. Ya sea directamente (el dibujante a través del mundo material) o indirectamente (el receptor mediante la interacción con los significados) el ser es requerido constantemente durante la experiencia que la expresión gráfica arquitectónica posibilita. El ser en tanto en cuanto que manipulador del dibujo y su significado es, también, creador de manera directa (dibujante propiamente dicho) o de manera indirecta (receptor propiamente dicho).

2. Análisis de la temporalidad digital

Las nuevas tecnologías han desarrollado, ante todo, un nuevo contexto de desarrollo de la temporalidad. Vamos a proceder a analizar las diferencias fundamentales con un entorno tradicional que están en la base de los nuevos paradigmas que se desencadenan. Tenemos:

- **Diacronismo de continente** (entendido como soporte) **y contenido** (entendido como pigmento): En un entorno digital el soporte ha dejado de estar íntimamente vinculado con el dibujo. Las pantallas, las computadoras, contienen y almacenan la información cifrada en unos y ceros que traducen continuamente en píxeles, en luz. En cuanto aquellas quedan obsoletas, se sustituyen, no así la información que queda capturada a salvo del tiempo. Durante un entorno digital no hay una sincronización real entre el soporte (por ejemplo las pantallas) y el dibujo (por ejemplo los píxeles): el dibujo y el soporte han dejado de ser una misma cosa, de formar un conjunto indisoluble.
- **Diferenciación del dibujo real y aparente**: A diferencia del entorno tradicional, en el digital el dibujo es fruto de una primera decodificación no visible. Esta primera decodificación es la que realizan las computadoras al traducir nuestras órdenes (derivadas del trabajo fundamentalmente visual) en bytes de información. Por lo tanto el dibujo "aparente" es aquel dibujo ya descifrado en información luminosa (inyectada en la temporalidad) mientras que el "real" es aquel aún cifrado (a salvo de ésta).



- **Diacronismo del dibujo y su significado con el ser:** La temporalidad, como hemos dicho, es ajena al mundo digital (no a su soporte, que puede ser sustituido) con una excepción: la sincronización en forma de manipulación que es capaz de realizar el ser (el usuario). Sin esa manipulación no hay tiempo. Con dicha manipulación el tiempo entra en escena en el mundo digital: el ser es capaz de interactuar con el dibujo real digital (los bytes de información) posando la atención en el dibujo aparente (el píxel).

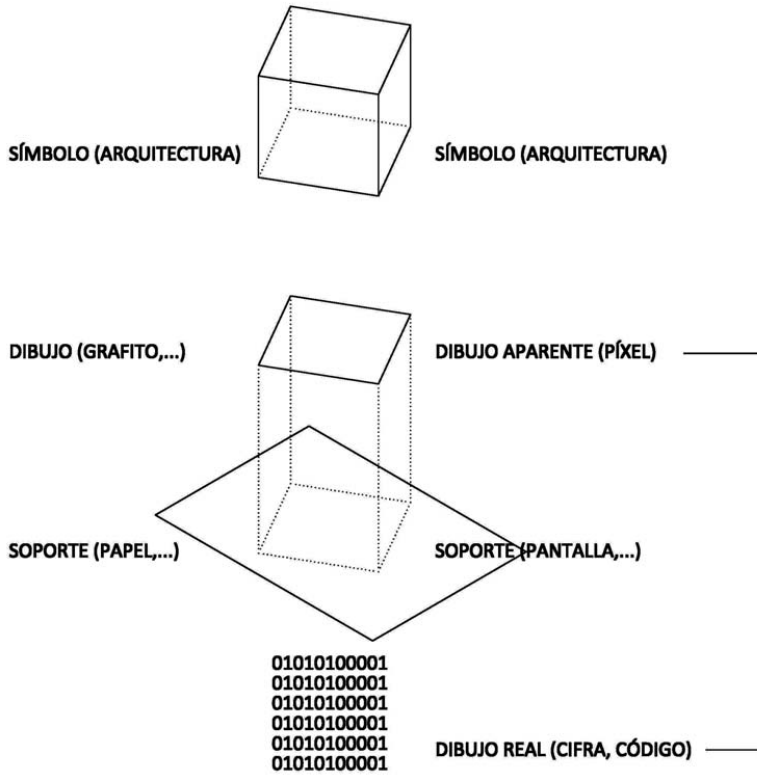


Fig 1. Comparación entre entorno tradicional (columna de la izquierda) y entorno digital (derecha).
Elaboración propia

3. Análisis del grafismo digital (trasladando significantes)

Analizaremos, a continuación, al mundo digital desde el punto de vista del tradicional. Es realmente éste un análisis que evidenciará, quizá, parte de los aspectos menos considerados de lo digital que lo situarán en un punto intermedio entre los que lo comprenden como una panacea bajo la que entender lo gráfico y los que lo denostan consecuencia de prejuicios reticentes. Tendremos, a grandes rasgos:

- **El soporte de lo digital:** En un contexto digital, el tradicional soporte en forma de lienzo ha sufrido una notable mutación. Lo primero que hay que decir es que dicho "lienzo digital" ya no es capaz de albergar materia sino que ha devenido en continente de información cifrada. El soporte de lo digital es un complejo sistema electrónico en el que se depositan los bytes con los que nombramos a la información. Lo más importante, relevante y espectacular de dicho soporte es su contingencia: aunque obviamente el soporte es imprescindible (como siempre) no es insustituible. Si las computadoras se deterioran son sustituidas y, los bytes de información, lejos de sufrir deterioro son copiados con una exactitud propia, sólo, del sistema binario.
- **Los útiles de dibujo en un contexto digital:** Los pinceles, las pinturas, los lápices, la escuadra y el cartabón (y tantas otras herramientas) han desaparecido físicamente en el mundo virtual para aparecer digitalmente como posibilidades de manipulación y edición. Los programas de ordenador establecen mecanismos de

interacción con el byte traducido en píxel mediante el que comprendemos el dibujo digital. La gran diferencia estriba en que dichos útiles son, sin excepción, complejos artificios de aproximación a lo gráfico de manera mediada, lógicamente, por el hombre. El tiempo, en forma de azar y de posibilidad no mediada, se ha apartado de dichos útiles de dibujo.

- **El pigmento de lo digital.** El pigmento tiene, en el mundo digital, su implicación más directa en el píxel, con una salvedad nada desdeñable. El tradicional pigmento (no sólo visual) se ha traducido en el píxel (visual) y la cifra (no visual). Lo que pretendemos decir es que el dibujo propiamente dicho, antes potencia del pigmento, ahora depende de los dos elementos en los que se ha transformado (si de transformación pudiéramos hablar): dicho píxel y dicha cifra que lo consecuencia. Las computadoras (soporte dinámico de lo digital) descifran el byte y lo traducen en píxel mientras que el pigmento no requiere de ese primer descifrado y, por ese mismo motivo, su soporte es pasivo aunque inyectado en la temporalidad.
- **El símbolo de lo digital** o el segundo descifrado. El primer descifrado se produce dentro del "pigmento digital", durante el recorrido que va del byte al píxel. El segundo descifrado es el descifrado tradicional, que permite dar el salto al símbolo que remite a la arquitectura representada. El salto que se requiere durante la experiencia de la representación es lo que menos se modifica dependiendo de según qué contexto (digital o tradicional). Al final nos enfrentamos con una recepción (producida por lo gráfico) y un trabajo intelectual y, éste, tan sólo depende de nosotros.
- **El dibujante digital.** El dibujante digital (valga la invención) se encuentra lejos de ser el usuario de programas que, predeterminadamente, se vinculan con lo gráfico. Más bien se encontraría realizando continuos análisis entre lo simbólico, lo gráfico y la cifra que lo contiene. El dibujante digital es consciente de esta triada y sus intervenciones son continuas exploraciones virtuales que van de lo visual a lo no visual aunque, lógicamente, se limitan a las posibilidades del software con el que trabaja de la misma manera que un dibujante tradicional se encuentra limitado por sus herramientas.
- **El lector digital** se encuentra afectado por una cantidad ingente de imágenes que deben entenderse como fruto de la interacción que continuamente requiere lo digital. Dichas imágenes deben filtrarse y jerarquizarse paralelamente a su asimilación ya que no son, como en el mundo material, fruto de un esfuerzo que actúa como criba sino parte de un proceso en el que la facilidad de producir las se equilibra, precisamente, con la dificultad de seleccionarlas.

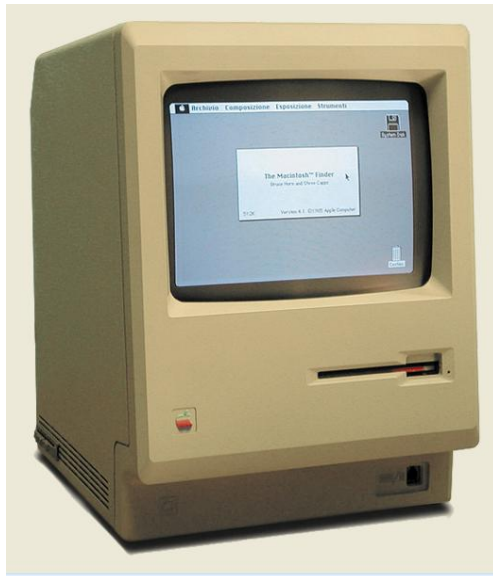


Fig 2. Macintosh 128K, el primer ordenador Macintosh.1984. Wikipedia



4. Análisis del grafismo tradicional (trasladando significantes)

Una vez puestas sobre la mesa las ideas principales que, en un contexto digital, aparecen desde lo tradicional, haremos lo propio a la inversa. En esta ocasión el camino propuesto es:

- **El soporte (hardware) en un contexto tradicional:** El soporte, entendiéndolo desde un hipotético, por anterior, mundo virtual, es tremendamente valioso por la dificultad de su sustitución. Los "datos" (por ejemplo pigmentos) lo impregnan, modificándolo, haciéndolo cambiar su "configuración" inicial de forma irreversible. Además el soporte se encuentra, de por sí, fuertemente condicionado. A diferencia de las computadoras (que dependen del software que les instalemos) el soporte material se encuentra, antes de nada, vinculado con determinados útiles de dibujo y no otros.
- **La herramienta (software) en un contexto tradicional:** Los útiles de dibujo en un contexto tradicional no imitan ningún modo de hacer. Precisamente han sido nombrados como útiles de dibujo por sus cualidades intrínsecas (textura, adherencia, color, brillo,...) y es preciso que el dibujo, después de asumir su soporte, sintonice y se exprese en relación a las posibilidades de los útiles que se emplean para su creación. Podemos incluso suponer que la herramienta de dibujo, en un contexto tradicional, se va transformando en soporte a medida que la vamos empleando. Un soporte, entendiéndose, activo y manipulado, es decir, un soporte-dibujo.
- **Los datos (bytes) en un contexto tradicional:** Los datos, en un contexto tradicional, no existen fuera de su soporte manipulado, de su soporte-dibujo. Esto es obvio pero hay que ponerlo de relevancia en este análisis porque, en un contexto virtual, dichos datos existen independientes del dibujo visual aunque vinculados con el dibujo cifra. Los datos, pues, se encuentran confundidos con, por ejemplo, el pigmento y su soporte y, este hecho, es tanto como afirmar que se encuentran irremediablemente inyectados en la temporalidad.
- **Los píxeles en un contexto tradicional:** La única, y fundamental, diferencia entre lo visual digital y lo visual tradicional es la materia. La materia que inyecta en el tiempo y que, precisamente por eso, contiene cualidades también no-visuales. El píxel es luz (intensa) y color. El pigmento es luz y color porque la materia que lo contiene así nos lo refleja, pero también es textura, olor, sonido... Puede pensarse que el soporte de lo digital (en este caso la pantalla) también es material pero este hecho pierde importancia cuando se trata, en efecto, de un soporte neutro y sustituible. La pantalla también es textura, olor y sonido pero, como hemos apuntado, es algo distinto de la virtualidad que representa.
- **El símbolo de lo tradicional:** En un contexto tradicional el símbolo es el único descifrado. El salto que se produce del mundo de las ideas (simbólico) al mundo físico es, realmente, una conexión (Popper: 57). No es posible la modificación de ninguno de esos dos mundos sin una consecuente modificación de su reflejo. Aparentemente el mundo simbólico a lo que remite lo tradicional parece devenir menos que al que remite lo virtual, por su aglomeración de imágenes. Nada más lejos de la realidad: el mundo simbólico se modifica constantemente debido a la inyección en el tiempo de los elementos que lo consecucionan en el mundo material.
- **El informático en un contexto tradicional:** Las herramientas de dicho "informático" tradicional no se encuentran previamente mediadas ni tienen definida una determinada limitación. Las posibilidades de dichas herramientas (útiles de dibujo tradicionales) dependen de la creatividad del dibujante. Cuando en el mundo virtual la limitación de dichas herramientas ha sido previamente definida por un "arquitecto digital" (que, además, las ha ideado y creado) en el mundo real los útiles de dibujo son las elecciones materiales que un dibujante ha efectuado sobre la extensa oferta material existente. Cada vez más el interés se encuentra en la exploración de la modificación del soporte por herramientas expresamente ideadas para ello.
- **El navegante tradicional:** La manera de acceder al dibujo es, primero, sincronizarse físicamente con él y con su soporte no intercambiable. Es por ello por lo que la experiencia es algo más intensa que si en el mundo de lo intercambiable y digital nos encontráramos: el "navegante" tiene la consciencia de la dificultad de sincronizarse físicamente con el dibujo, de la importancia del momento y de la transitoriedad de dicha experiencia directa y, de alguna manera, presta una atención diferente, especial, única y temporal (por escurridiza) a éste.

5. El grafismo tradicional frente al digital

A nuestro juicio, haber realizado un análisis desde el punto de vista de la temporalidad es lo que nos ha permitido poner en evidencia las diferencias más notables entre lo gráfico digital y lo gráfico tradicional. El desdoblamiento que sufre el pigmento (en byte y en píxel) es clave para entender la atemporalidad que se desarrolla en el mundo de lo digital siempre y cuando no interactuamos con él. El presente de lo material-y-no-virtual fluye sin nosotros, de tal suerte que nunca podremos sincronizarnos dos veces igual con un dibujo tradicional ya que éste se encuentra, continuamente, en devenir junto con su soporte. El presente de lo virtual es un presente congelado, fuera del tiempo, hasta el momento no en el que nos sincronizamos con él sino en el que decidimos, conscientemente, interactuar y manipularlo. Es decir, el tiempo, en un contexto digital, es una de las cualidades que vienen, explícita y únicamente, de nosotros, lo cual es lo mismo que decir que es una cuestión relativa, enteramente, a nuestra voluntad. El tiempo en lo digital es una proyección de nuestra forma de ser en el mundo material. Como en el cine, la composición que realizamos de diferentes interacciones genera la ilusión de un movimiento.

Por otro lado hemos hecho hincapié en la manera más común (a nuestro juicio no la mejor) de trabajar con lo gráfico desde lo digital. Es ésta una manera que se rinde a las reglas de unos programas realizados, en demasiadas ocasiones, según un patrón que pretende la imitación de los procesos que se desarrollan en el mundo real. Por ejemplo una acuarela, o un dibujo con grafito, son codificados (y, por tanto simplificados subjetivamente) para que lo digital "aparente" no sólo alcanzar a lo material sino superarlo. Siempre que los programas trabajen con estas premisas que se basan en la imitación los resultados materiales tendrán, necesariamente, un matiz de impostura. Una acuarela digital será, siempre, una imitación. La clave, a nuestro parecer, es llegar al fondo de la cuestión de lo digital y conocer su esencia para ser capaces de encontrar un nuevo modo de trabajar en lo digital ya que de un nuevo contexto, realmente, se trata. Y esto es otro punto importante. Según nuestro modo de ver lo digital no forma el último eslabón de una serie que, a modo de evolución, clasifique lo gráfico sino que se trata, simple y llanamente, de una herramienta (o conjunto de herramientas) diferente y distinta. En este orden de cosas el lápiz y el papel no estarían en el inicio de un proceso evolutivo que culminaría con las computadoras sino que se encontrarían en igualdad de condiciones que lo digital: distintas herramientas para distintos problemas, distintos modos de abordarlos, distintas características.

El posicionamiento en lo digital que proponemos desde aquí es aquel que nos permita trabajar en un nuevo contexto de una manera distinta. De la misma manera que no podemos abordar un dibujo, tradicional, a lápiz, desde una conciencia enteramente digital, no podemos dibujar por ordenador con el modo de hacer del dibujo a lápiz. El posicionamiento en lo digital pasaría por ser conscientes de que el trabajo, en vez de ser con soportes y pigmentos inyectados en el tiempo, ha pasado a ser con bytes y píxeles a salvo de él. En el mundo de lo digital dibujamos aparentemente exclusivamente sobre lo gráfico y superficial pero realmente estamos manipulando un mundo de cifras y códigos en un lugar alejado de nuestros ojos pero cerca de nuestras manos. Cuando con un dibujo tradicional nos sincronizamos con un dibujo y su soporte inyectados, como nosotros, en el tiempo, y, por este motivo, ponemos en juego todos nuestros sentidos, en un dibujo digital la costumbre es pensar que trabajamos (únicamente) desde lo visual y sonoro. El tacto, más que desarrollarse por los vínculos que la materia virtual lanza con la real, es el modo en que modificamos la cifra (en el mundo digital) que condiciona el dibujo. Como vemos en la imagen adjunta un entorno tradicional (arriba en la figura 3) pone en juego, desde el propio dibujo-soporte, los cinco sentidos, ya sea mediante la materialidad del propio pigmento o mediante los símbolos materiales a los que remite. Por contra en un entorno digital (abajo en la figura 3) los sentidos que se solicitan desde lo gráfico y sonoro son, principalmente, la vista y el oído. El gusto y el olfato se ponen en juego después de que lo simbólico (el objeto de la representación) haya entrado en escena. El tacto, por su parte, en un entorno digital se encuentra manipulando, aún invisiblemente, el código que descifran las computadoras transformándolo en píxeles y sonidos.

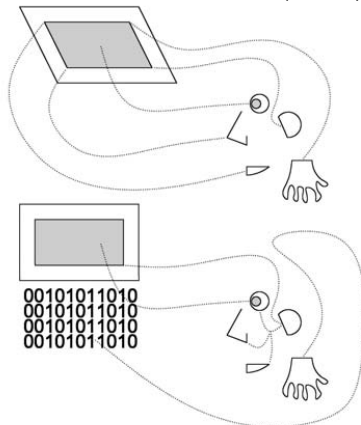


Fig. 3. Arriba: sentidos puestos en juego durante el dibujo tradicional
Abajo: sentidos puestos en juego durante el dibujo digital



Por último nos detendremos en el significado que le otorgamos a la palabra tecnología. Es obvio que con tecnología no decimos únicamente digital, computadora, hardware o mundo virtual. La tecnología (de la misma manera que el término herramienta) es un término más amplio de lo que pudiera parecer. Podríamos admitir que las nuevas tecnologías se relacionan directamente con el mundo virtual, por otro lado tan importante y fundamental en el actual panorama de lo gráfico arquitectónico, pero la tecnología, a secas, también se desarrolla dibujando en un buen papel con un buen lápiz. De hecho, y esta idea nos parece clave, las nuevas tecnologías conviven con las tradicionales (que no obsoletas) debido al hecho de que no las sustituyen por no conformarse como los últimos elementos de la evolución de una serie, sino que las complementan (y en mucha medida las potencian) por constituirse como exploradoras de un contexto, hasta el momento, ni tan siquiera conocido.

La docencia más innovadora de la expresión gráfica arquitectónica, creemos, debería considerar, por supuesto, ese tejido de nuevas herramientas que, de una manera temporalmente inédita, se enfrentan de manera original con lo gráfico pero, también, esas otras herramientas que el paso del tiempo, lejos de debilitar, ha subrayado hasta el punto de pretender ser simuladas (deficientemente como cualquier simulación) en el mundo virtual. Las llamadas nuevas tecnologías no pueden pretender sustituir a las tradicionales, en primer lugar, por su incapacidad y, en segundo lugar, porque se enfrentan a un vasto territorio por explorar propiedad suya, exclusiva, por pleno derecho.

CONCLUSIONES

Las conclusiones más importantes a las que se ha llegado tras la consecución del trabajo han sido:

- La docencia innovadora, en expresión gráfica arquitectónica, necesariamente pasa por establecer los nuevos mecanismos de interacción con lo digital y no tanto por excluir la tecnologías tradicionales (y, por eso, demostradamente acertadas) del método elegido.
- La diferencia fundamental entre el dibujo digital y el dibujo tradicional viene del diferente enfoque de la temporalidad que cada entorno desarrolla. Por un lado el tradicional pigmento, inyectado irreversiblemente en el tiempo, tiene su homólogo en el dúo byte-pixel, ajeno a las leyes temporales. Por otro lado el tradicional soporte, indisoluble del dibujo, no sólo, en un entorno digital, es claramente independiente de la información sino que se ha transformado en un elemento fácilmente (y deseablemente) sustituible.
- El uso (la docencia, el aprendizaje) sincrónico de las tecnologías (tanto nuevas y excitantes como acertadas y seguras) se perfila como una estrategia de aproximación a lo digital sin perder de vista la importancia que un amplio dominio de las diferentes técnicas relativas a lo gráfico tiene en la formación, desarrollo y profesión del arquitecto.

Referencias bibliográficas

- Berger, John. "Sobre el dibujo" (2005) Editorial Gustavo Gili SL, Barcelona, 2011
 Calatrava, J. "Estudios sobre historiografía de la arquitectura" (2001) Editorial Universidad de Granada, Granada, 2005
 Díaz Moreno, Cristina y García Grinda, Efrén (ed.); "Breathable" (2004) Artes Gráficas Palermo S.L. Madrid 2009
 Didi-Huberman, G. "Ante el tiempo" (2000) Adriana Hidalgo editora, Buenos Aires, 2008
 Eliasson, O. "Studio Olafur Eliasson. An encyclopedia" Taschen, Berlin, 2008
 Popper, K R. "La lógica de la investigación científica" (1934) Editorial Tecnos S.A., Madrid, 1994
 Till, J. "Architecture Depends" (2009) Massachusetts institute of technology, Londres, 2009

INFLUENCIA DEL EMPLEO DE LAS NN.TT. EN EL DESARROLLO PROFESIONAL DEL DOCENTE UNIVERSITARIO. ESTUDIO DE CASOS.

Dr. Manuel José LEÓN BONILLO

Universidad de Sevilla
Departamento de Ingeniería Gráfica

Abstract

This article is the result of a prior research which resulted in the need to investigate the influence of new technologies in teachers of topography, with adaptation to the EHEA and its subsequent implementation as a degree subject. Research has been carried out from the study of cases, stressing that he has been at the university level in the area of engineering, where teachers are away from the theoretical knowledge of the Teaching of the Sciences. Case study has been based on the analysis of qualitative, emphasizing the study of recordings of classroom from direct viewing of videos, without previous transcription. The main objective is to study the influences of the employment of the NN.TT. in the professional development of these professors, as well as detect, isolate, and reflect on the obstacles impeding progress in their professional development.

INTRODUCCIÓN

Este artículo resume el trabajo de investigación llevado a cabo como consecuencia de una investigación previa de acción de aula, realizado a nivel de alumnos universitarios, resultando como parte de las posibles perspectivas futuras, la indagación de la influencia de las Nuevas Tecnologías en el profesorado de una asignatura de expresión gráfica (León y Aguaded, 2009).

A esta ampliación o ramificación del estudio primigenio, hay que añadirle la adaptación de la asignatura al EEES y su posterior implantación como asignatura de grado durante el curso 2011/12. (Ver figura 1).

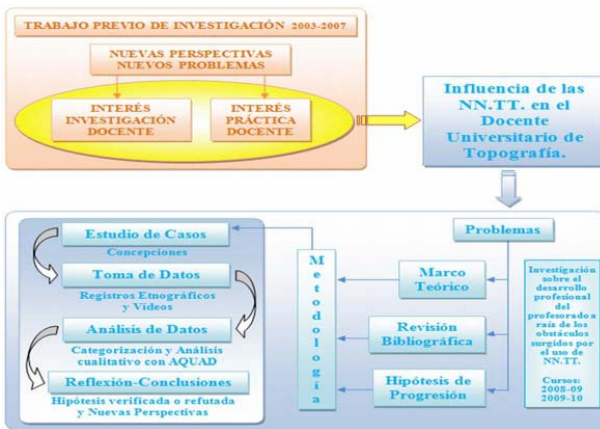


Fig 1. Esquema resumen de la investigación. 2012. León-Bonillo.

La investigación se ha llevado a cabo a partir del estudio de casos, concretamente de dos profesores. Destacamos que se ha realizado a nivel universitario, en un área de conocimiento de la ingeniería, donde los profesores se encuentran por su formación técnica, alejados del conocimiento teórico de la Enseñanza de las Ciencias.

OBJETIVOS

El **objetivo principal** es estudiar las influencias del empleo de las NN.TT. en el desarrollo profesional de estos profesores, así como detectar, aislar y reflexionar sobre los obstáculos que impedían o impiden al profesorado, progresar en su desarrollo profesional.

Esta investigación además posee un **segundo interés didáctico divulgativo** en esta área no familiarizada con la investigación en la Enseñanza de las Ciencias, al tiempo de generar el hábito de la investigación didáctica en Escuelas Técnicas Superiores y promover el desarrollo profesional.



Por tanto, nuestro **problema principal** es estudiar ¿cuál es la influencia de la introducción de herramientas didácticas basadas en las NN.TT. en docentes de una asignatura técnica? Ya que estos profesores están acostumbrados a las innovaciones y la necesidad de estar en un continuo estudio o formación del instrumental de prácticas, pero no así de adaptaciones metodológicas o hábitos didácticos. Es decir, este problema principal se puede plantear como una serie de problemas encadenados entre sí:

El primero de ellos se centra en estudiar **¿cuál es la influencia de las NN.TT. en el desarrollo profesional del profesorado?** Y, por ende, en su formación permanente desde el punto de vista pedagógico. Todo ello propiciado por la adaptación a los estudios oficiales de grado.

El segundo es resolver el problema en diagnóstico o solución de **¿qué dificultades y por qué es complejo introducir las NN.TT.?**, siendo por tanto un problema más propio con la innovación, aunque relacionado con la investigación.

Y el tercer problema en tratar de resolver **¿qué repercusión tendrá la propia investigación en la implantación de las NN.TT.?**, ya que hasta la fecha no se había planteado o documentado, en el seno del grupo de profesores, reflexiones metodológicas o trazabilidad de la investigación docente.

Si suponemos que el Personal Docente Investigador es aquel individuo:

- Profesional de la enseñanza universitaria y elemento partícipe de ella.
- Desarrollador de herramientas didácticas y/o crítico sobre su empleo.
- Investigador de la didáctica, de su propia materia y divulgador de las mismas.
- Responsable de la adaptación del conocimiento a las nuevas necesidades educativas, sociales y laborales.
- Que rompa con el mito de ser un mero transmisor del contenido de la materia.

Podemos llegar a plantear las siguientes hipótesis para cada uno de los problemas:

Primera hipótesis: El desarrollo profesional basado en el conocimiento profesional, generará un cambio en las metodologías empleadas en las clases de teoría.

Segunda hipótesis: Las Nuevas Tecnologías serán vistas como herramientas complementarias y no sustitutivas, aunque a veces con un cierto grado de complejidad y aparente retroceso administrativo.

Tercera hipótesis: Se prevé un cambio en cuanto a las concepciones negativas creadas en cuanto a la investigación didáctica, debido a la propia participación colaborativa y reflexiva de la investigación.

Es decir, a raíz del problema principal y de los supuestos de partida, nuestra hipótesis principal está enfocada, a que esta influencia no será sólo positiva en el desarrollo profesional y personal, sino que también ayudará al desarrollo curricular de la asignatura en un momento decisivo de transformación en los estudios universitarios, homogeneizando criterios y puntos de vistas sobre la propia materia y la metodología futura a emplear.

Como veremos y explicaremos posteriormente, nuestro estudio de casos está conformado por dos docentes que se enmarcan desde la línea tradicional hasta la innovadora, en relación a sus metodologías didácticas empleadas.

Por ello, si profundizamos en nuestra hipótesis, se prevé para el primer supuesto que el docente tradicional adaptará el material didáctico en contra de su voluntad, porque piensa que no servirá para nada, por la falta de motivación del alumnado. Pero podrá avanzar hacia el nivel de referencia según nuestra hipótesis de progresión. En función a la óptima respuesta de los alumnos, lo cual contribuirá a que siga participando en este tipo de experiencias educativas.

El docente innovador, podrá llegar más fácilmente al nivel de referencia e incluso pasará a ser facilitador del conocimiento. Aunque también es de prever, que ante las primeras alegrías por esta liberación en su docencia, en alguna ocasión llegue a estar influenciado por sus compañeros y mentores, dándoles la razón y porque los alumnos no están motivados, en el supuesto caso que se den malos resultados académicos o pasotismo ante una asignatura bastante más liviana y con gran número de recursos, en comparativa a cursos anteriores.

Para el segundo supuesto, prevemos para ambos casos que el propio uso de las NN.TT. como herramientas didácticas, sin abandonar las tradicionales, permitirán la aceptación e integración de las mismas en la metodología habitual. Además se llevará a cabo el constructivismo tecnológico y la colaboración generacional. No por ello, se evitará los posibles factores negativos de la trazabilidad y justificación desde el punto de vista administrativo o de gestión digital de actas, evaluaciones, etc.

En cuanto al tercer supuesto, estimamos que la propia participación voluntaria en este estudio de investigación y la evolución prevista en los dos supuestos anteriores, permitirán a estos profesores ajenos a la investigación didáctica, desarrollar nuevas concepciones sobre la misma. Al menos de aceptación pasiva e incluso cooperación activa. Aunque siendo optimistas podríamos esperar iniciativas individuales futuras.

CONTENIDO

El estudio de casos se ha realizado a partir del análisis cualitativo de distintos datos, recogidos a su vez con distintas herramientas, destacando el estudio cualitativo de grabaciones de aula, a partir del visionado directo de los vídeos, sin transcripción previa mediante AQUAD (Huber y Gürtler, 2004).

Al tratar de resumir los principales bloques de esta investigación, debemos mencionar que los núcleos centrales de nuestro *marco teórico* consisten y están interrelacionados con (ver figura 2):

- **El Constructivismo Social**, como entorno y paradigma colaborativo de evolución en la investigación profesional.
- **La Hipótesis de Progresión del Conocimiento Profesional**, como eje vertebrador y camino a seguir en las indagaciones del estudio.
- **El Conocimiento Profesional**, como base fundamental de todo profesor para poder desarrollar sus labores docentes, tanto a nivel teórico como práctico.
- **El Desarrollo Profesional**, como exigencia ética y social de la buena práctica profesional y resultado de un proceso dinámico evolutivo del conocimiento profesional.
- **Los Obstáculos en el Desarrollo Profesional**, como impedimentos del conocimiento profesional que obstaculizan el desarrollo profesional, los cuales hay que identificar, analizar y reflexionar.



Fig 2. Núcleos centrales del marco teórico. 2012. León-Bonillo.

El *marco metodológico* seguido y de acuerdo al marco teórico, puede resumirse en un trabajo de investigación que estudia el desarrollo profesional del profesor universitario, a partir de un estudio de casos, **metodología cualitativa desde un enfoque del desarrollo curricular**. Marco curricular estructurado en cinco categorías (Metodología, Secuencia, Contenidos, Objetivos y Evaluación) y subdivididas cada una de ellas en tres dimensiones de estudio: dimensión Técnica, Práctica y Crítica. (Ver figura 3).

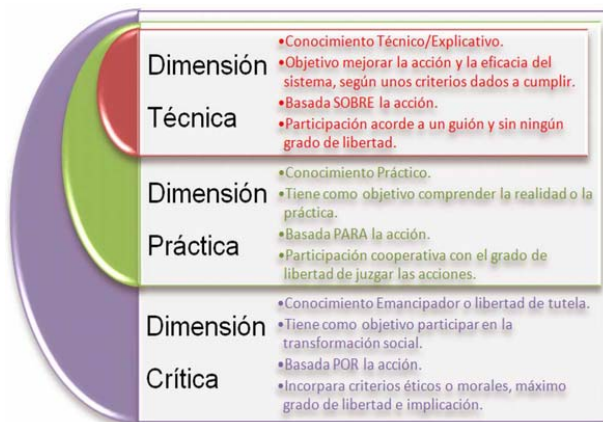


Fig 3. Dimensiones de estudio de la práctica reflexiva. 2012. León-Bonillo.



En nuestro diseño de investigación los pilares fundamentales son el estudio de casos (como núcleo de estudio) y la hipótesis de progresión del conocimiento profesional (como eje del análisis), a través de instrumentos de recogida de datos y diferentes procesos metodológicos.

Aunque los instrumentos y procesos serán desglosados detenidamente más adelante (figura 5), en la figura 4 mostramos el esquema correspondiente a los procesos y métodos de análisis, al objeto de aclarar y sintetizar todo ello.

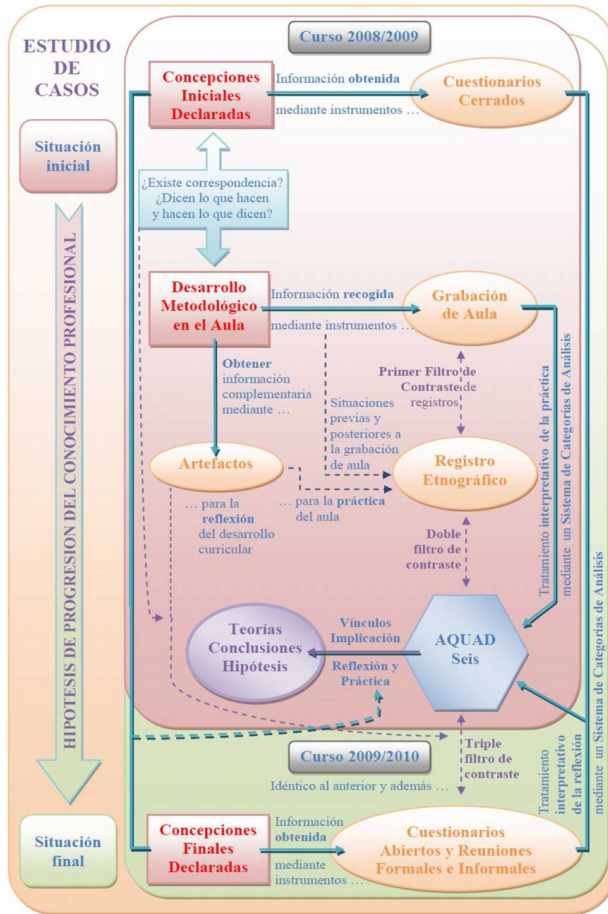


Fig 4. Esquema del proceso de investigación y los métodos de análisis. 2012. León-Bonillo.

Refiriéndonos de nuevo al análisis directo de los vídeos, en primer lugar se ha realizado un análisis clásico de frecuencias, a partir de los resultados de las codificaciones realizadas con el programa AQUAD, en segundo lugar hemos realizado juicios de valor a partir del análisis de frecuencias, contextualizando y situando a cada profesor en una de las dimensiones de estudio. Y en tercer y último lugar, hemos triangulado con los registros etnográficos y la evolución de los contenidos didácticos, al objeto de emitir juicios de valor sobre la evolución de la dimensión de los profesores y la coherencia con los análisis reflexivos previos de los profesores y del contenido de los programas de la asignatura.

El análisis de datos quedaría resumido en los siguientes apartados (ver también figura 5):

- Concepciones Iniciales y Finales Declaradas.

Analizando los instrumentos de primer orden (cuestionarios cerrados y abiertos) para situarnos en la posición profesional del profesor a partir de sus Concepciones Iniciales Declaradas (CID) y desarrollaremos el análisis reflexivo conjuntamente con las Concepciones Finales Declaradas (CFD).

- Análisis de la Reflexión.

Continuando en esta línea de instrumentos de primer orden, a partir de las reuniones y la evolución de los programas docentes, contrastaremos y triangularemos con los datos obtenidos.

- Análisis de la Práctica.

Este análisis se realizará acto seguido y/o de forma paralela al Análisis de la Reflexión, a partir de los registros etnográficos y la evolución de diversos artefactos.

Los tres análisis descritos se realizarán de forma doble para cada uno de los casos de forma individualizada y comparados a modo reflexivo cuando obtengamos los horizontes de integración.

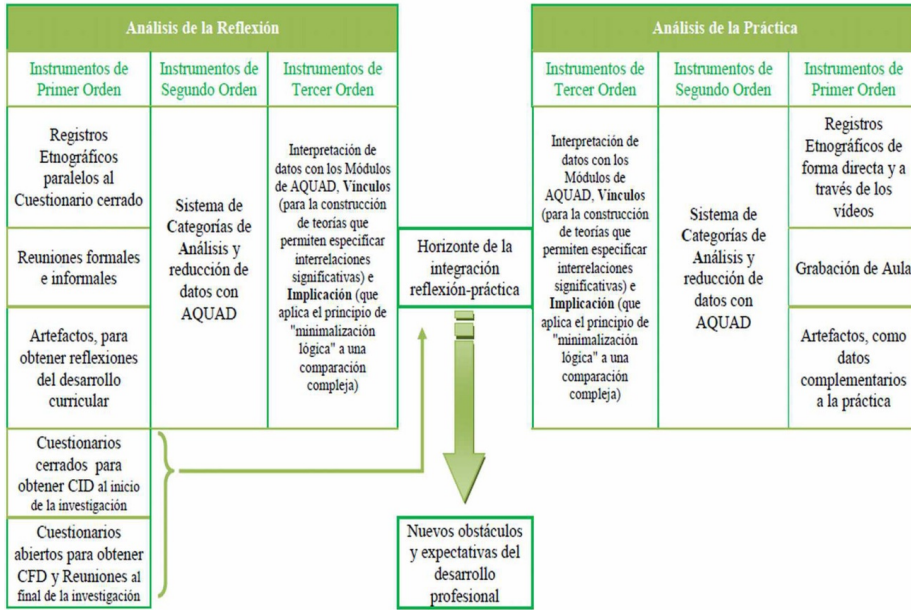


Fig 5. Instrumentos de recogida de información, análisis y presentación de datos. 2012. León-Bonillo.

Los análisis realizados anteriormente serán comparados con los resultados obtenidos a partir de los instrumentos de segundo y tercer orden. Los instrumentos de segundo orden reducirán los datos a un sistema de categorías, al objeto de aclarar el análisis cualitativo e indagar en el propio sistema, obteniendo resultados numéricos sobre la aparición, frecuencia y porcentaje de los códigos estudiados. Los instrumentos de tercer orden nos permitirán obtener vínculos e implicaciones que nos ayuden a determinar unas conclusiones sobre la integración de la reflexión y la práctica, y nos ayuden a determinar las posibles influencias de las NN.TT. en el desarrollo profesional del profesorado, así como la determinación de obstáculos y posibles expectativas investigativas. (Ver fig. 6).



Fig 6. Elementos integradores de la interacción entre la reflexión y la práctica. 2012. León-Bonillo.

Los **resultados** se han subdivididos en:

- Interacción entre la Reflexión y la Práctica.

Basado en el análisis de los obstáculos inclusivos entre la reflexión y la práctica. El cual nos permitirá obtener el



horizonte de la integración reflexión-práctica de forma individualizada.

- Obstáculos e influencias de las NN.TT.

Basado en los obstáculos exclusivos de la reflexión y de las influencias reconocidas por los profesores. El cual nos permitirá obtener el horizonte de la integración reflexión-práctica de forma conjunta.

CONCLUSIONES

Enmarcado en nuestro objetivo principal y conforme a nuestros problemas e hipótesis de partida, nuestras conclusiones quedarían resumidas en las dos tablas siguientes:

Problema Principal	Hipótesis								
¿Cuál es la influencia de la introducción de herramientas didácticas basadas en las NN.TT. en estos docentes?	La influencia no será sólo positiva en el desarrollo profesional, sino que también ayudará al desarrollo curricular.								
<p>Conclusión</p> <p>Al estudiar las concepciones y obstáculos individuales hemos obtenido, que en ambos casos se ha experimentado un cambio de concepciones en diferentes grados de profundidad.</p> <p>Del mismo modo se han detectado unos obstáculos iniciales inherentes en la persona:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Isidoro</th> <th>Tomás</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Excesivo respeto a opiniones enfrentadas</td> <td>Temor a la improvisación por desconocimiento previo</td> </tr> </tbody> </table> <p>Los cuales han derivado en unos obstáculos secundarios inherentes a la asignatura:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Isidoro</th> <th>Tomás</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mantener la unidad de grupo</td> <td>Temor a la pérdida de la unidad de grupo</td> </tr> </tbody> </table>	Isidoro	Tomás	Excesivo respeto a opiniones enfrentadas	Temor a la improvisación por desconocimiento previo	Isidoro	Tomás	Mantener la unidad de grupo	Temor a la pérdida de la unidad de grupo	<p>Claves del desarrollo profesional.</p> <p>La reflexión sobre el obstáculo del temor a la pérdida de la unidad de grupo, ha permitido a Isidoro cuestionar sus concepciones metodológicas y a Tomás admitir los cambios y mejorar los mismos con sus aportes de experiencia y reflexión autocrítica, tanto a nivel personal como a nivel de grupo.</p> <p>Es decir, este obstáculo de tratar de mantener la unidad de grupo, ante el temor de las diferentes interpretaciones de los cambios metodológicos o del uso de las NN.TT., han permitido emplearlas como verdaderas herramientas didácticas.</p> <p>El desarrollo profesional experimentado en ambos profesores nos permite considerarlos como docentes-investigadores y por lo tanto estarían dentro del ideal de docente universitario.</p>
Isidoro	Tomás								
Excesivo respeto a opiniones enfrentadas	Temor a la improvisación por desconocimiento previo								
Isidoro	Tomás								
Mantener la unidad de grupo	Temor a la pérdida de la unidad de grupo								

994

Tabla 1. Conclusiones al problema principal. 2012. León-Bonillo.

Si pormenorizamos para cada caso en los problemas derivados y encadenados entre sí, las conclusiones son:

Problemas Derivados	Hipótesis	Conclusiones
¿Cuál es la influencia de las NN.TT. en el desarrollo profesional del profesorado?	El desarrollo profesional basado en el conocimiento profesional, generará un cambio en las metodologías empleadas en las clases de teoría.	Casos de Isidoro y Tomás: Ambos han llevado a cabo cambios metodológicos en sus clases de teoría, produciéndose un desplazamiento entre las dimensiones técnica y práctica, e incluso práctica evolucionada, pero nunca crítica, producto de decisiones personales, adaptativas y vinculadas al propio desarrollo curricular del programa de la asignatura.

¿Qué dificultades encontramos en la introducción de las NN.TT.?	Las NN.TT. serán vistas como herramientas complementarias y no como una imposición administrativa, siempre que no se usen como evaluación.	El caso de Isidoro: Ha visto reforzada su postura ante esta hipótesis, concluyendo que las NN.TT. deben ser alternativas, complementarias y no sustitutivas, además de sopesar la idoneidad de algunas aplicaciones informáticas y su posterior adaptabilidad o empleo natural de las mismas sobre el contenido de la materia. El caso de Tomás: Ha modificado su concepción sobre la mal entendida imposición administrativa, concluyendo al igual que Isidoro en la complementariedad de las NN.TT. con otras técnicas didácticas, pero sin llegar a aceptar su empleo en las evaluaciones.
¿Qué repercusión tendrá la propia investigación en la implantación de las NN.TT.?	Cambio de concepciones en cuanto a la investigación didáctica y la integración de las NN.TT., provocado por la participación colaborativa y reflexiva.	El caso de Isidoro: Su implicación en el estudio de investigación, ha contribuido a eliminar estereotipos pedagógicos o mal entendidos sobre la propia investigación didáctica, mostrando su interés por la continuidad de la misma. El caso de Tomás: En contraste con Isidoro, aunque muestra ciertos cambios en sus concepciones, no termina de aceptar este tipo de investigación como tal, a pesar de practicarla de forma interna y natural, por lo que la considera lógica y no investigativa.

Tabla 2. Conclusiones a los problemas derivados. 2012. León-Bonillo.

Debemos recordar que esta investigación además posee un **segundo objetivo de interés didáctico divulgativo**, por lo cual vemos oportuno incluir dentro del apartado CONCLUSIONES un subapartado dedicado a las IMPLICACIONES DIDÁCTICAS DE LA INVESTIGACIÓN, tanto a nivel personal, como de grupo. Puesto que debemos recordar, que este estudio ha sido realizado con profesores y asignatura, puramente técnicas, alejadas de las concepciones teóricas de la didáctica y practicada a partir del mimetismo y/o la autoreflexión profesional y docente, íntimamente ligadas. Siendo la finalidad de este apartado la divulgación científica y mejora en el desarrollo profesional del personal docente e investigador en esta u otras áreas de conocimiento.

Inmerso en este segundo objetivo y grado de innovación previsto, obtenemos como resumen o conclusión final y culmen del estudio de investigación que:

- En este estudio el empleo de las NN.TT. han conllevado a un desarrollo profesional docente, sin embargo, como hallazgo en las reflexiones de los casos, obtenemos que, realmente la **disposición** por los docentes, del buen uso y empleo de las **NN.TT.**, son las que influyen en el desarrollo profesional docente y **éstas** a su vez retroalimentan a la **primera**.
- **La influencia de las NN.TT. ha sido positiva**, tanto en el desarrollo profesional docente como en el desarrollo curricular posterior, entendemos que **propiciado por la adaptación a los estudios de grado**.

Finalmente, nos gustaría comentar que la situación de un profesor en una dimensión u otra, no significa que lleve a cabo una mejor o peor docencia, sino que sus puntos de vistas para llegar a unos objetivos, en la mayoría de los casos comunes, son distintos pero vinculantes. Con ello queremos decir que creemos que para identificarse con una dimensión, realmente se debe estar capacitado para estar en ella, que **un profesor situado en la dimensión crítica en sus reflexiones puede llegar a estar en la dimensión técnica o práctica en la implementación de aula**, sin embargo **un profesor situado a nivel reflexivo en una dimensión inferior, no puede llegar a realizar una buena acción de aula en un nivel superior**, por lo que cualquier cambio metodológico estaría abocado al fracaso.

Implicaciones Didácticas de la Investigación

Durante al menos 11 cursos (1997/98 al 2007/08), se observa que la evolución del material didáctico ha sido una adaptación en diferentes soportes (papel, transparencias, ficheros digitales), sin embargo a partir del curso 2007/08 hasta el 2009/10, a la luz de la investigación y su influencia, se ha observado que esta adaptación no ha sido un simple traspaso de información a un medio o soporte distinto, sino que el material didáctico resultante ha sido enriquecido y ha favorecido no sólo a los estudiantes como principales receptores de dicho contenido, sino también una mejora desde el punto de vista del docente en cuanto a su desarrollo profesional. Apreciándose en un corto período de tiempo de dos-tres cursos un mayor enriquecimiento multidisciplinar, social, educativo, didáctico y profesional, detectándose tendencias de movimientos entre las distintas dimensiones estudiadas (técnica, práctica y crítica) que difícilmente se hubieran esperado en la hipótesis de progresión más optimista al respecto.

De nuestros resultados no podemos concluir que siempre que se introduzcan NN.TT., se producirá cambios a



corto plazo, tanto en la metodología, como en el empleo de herramientas didácticas y nuevas formas de estudio, que mejoran la profesionalización de alumnos y profesores. Ya que han intervenido otros factores tales como:

- a) La adaptación imperativa a los estudios de grado y un cierto grado de aceptación de todos los profesores, incentivado por aquellos profesores deseosos de materializar ciertos cambios respecto a la trayectoria tradicional de esta asignatura.
- b) Así como a la coexistencia de este estudio de investigación desde el seno de la misma asignatura. Aunque si bien es cierto, que en todo momento se ha tratado de ser imparcial, el mismo hecho de tratar cuestiones o temas desde un punto de vista formal, técnico e investigativo, ha provocado reflexiones profesionales desde el punto de vista docente y no sólo como técnico-profesional-formador.

Sin embargo, sí podemos concluir con que el factor implicación del profesor, junto a la introducción reflexiva-gradual-alternativa de las NN.TT., provoca una mejora colectiva del desarrollo profesional docente y la de los propios alumnos (Majó y Marquès, 2001; Salinas, 2004; Jiménez-Rodríguez, 2006).

El factor alternativa es muy importante a nuestro juicio, puesto que no supone una imposición y por tanto una negación automática ante los cambios, sino una reflexión y comparativa de los usuarios de la misma ante dos posibles vías.

Tal y como hemos comprobado, es el propio individuo ante esta libertad de elección, el que decide usarla gradualmente y para determinadas cuestiones. Estando la riqueza en la variedad de opciones y la retroalimentación equilibrada de intereses entre docentes y alumnos, es decir, en la calidad de la formación universitaria (Cabero, 2004a).

Entendemos pues, que todo ello ha contribuido a mejoras observadas en el seno del grupo e individualmente han modificado ciertas concepciones, al igual que la imagen de la investigación didáctica, tales como:

- A lo largo de este estudio hemos podido comprobar la mejora del aprendizaje de los discentes (revelado en las encuestas realizadas en la plataforma), al igual que entre el profesorado universitario, los cuales en la actualidad plantean reuniones para reflexionar sobre cuestiones docentes y muestran interés en participar en cursos y seminarios pedagógicos, educación de la voz, uso de NN.TT., material multimedia, etc (León-Bonillo et al., 2011).
- En estos casos concretos, creemos que las NN.TT. de la educación hacen que la enseñanza universitaria presencial tenga que derivar hacia una mayor respuesta a los cambios socioculturales que se están produciendo en la actualidad, adaptándose a los requerimientos de la sociedad de la información (León y Aguaded, 2009), pero para ello se considera que es preciso proceder con cautela, elaborando propuestas didácticas racionales y equilibradas que vayan necesariamente más allá de la incorporación testimonial de nuevos recursos (Cabero, 2004b).
- Esta educación debe basarse en el alumno y en el conocimiento científico como algo abierto y en proceso de construcción, así como en el evolucionismo y en la construcción de significados. Expertos de reconocido prestigio en esta área de conocimiento como Bates (1995, 2001) ya han incidido en la necesidad de que cada institución valore y sopesa detenidamente por sí misma la conveniencia de emplear o no la Tecnología Educativa, sin dejarse influir excesivamente por presiones externas.
- En cuanto al punto de vista curricular, los resultados nos revelan que es necesario elaborar programas de formación adaptados a las necesidades de alumnos y profesores, que permitan ser capaces de reconocer, aprovechar y rentabilizar verdaderamente las características diferenciales de la enseñanza digital (conocido como e-learning) en beneficio de su labor docente e investigadora. Estos programas deben basarse en la adaptación de los contenidos a los intereses de los alumnos, a las actividades interactivas, manipulativas o de ensayo-error (Cabero et al., 2010).

Con estas líneas damos por concluido nuestro trabajo de investigación, pero podríamos decir que de forma parcial, ya que al igual que durante el desarrollo del mismo nos han surgido nuevos condicionantes u obstáculos que nos han conllevado a ir modificando el planteamiento original hasta adaptarnos a las necesidades investigativas (Vázquez-Bernal et al., 2012), también nos damos cuenta que se nos abren nuevas vías de investigación, tanto por el entusiasmo mostrado por Isidoro, como por las cuestiones abiertas que nos deja Tomás, y por supuesto por el cambio ideológico o de concepto que se ha producido en cuanto a la investigación docente en el seno del grupo de profesores.

Por último nos gustaría enfatizar que aunque este trabajo de investigación, puede ser considerado como una réplica de otros tantos estudios realizados con fines similares destacamos la originalidad de (León-Bonillo, 2012):

- Realizarse a nivel universitario.
- Un Estudio de Caso con amplio desarrollo temporal (Vázquez-Bernal et al., 2012), presente y futuro.
- En docentes sin una formación formal pedagógica.
- El análisis de vídeos sin necesidad de una transcripción previa.

Referencias bibliográficas

- Bates, A.W., 1995, *Technology, Open Learning and Distance Education*, Routledge, Londres.
- Bates, A.W., 2001, *Cómo gestionar el cambio tecnológico. Estrategias para los responsables de centros universitarios*, Gedisa, Barcelona.
- Cabero, J., 2004a, 'Cambios organizativos y administrativos para incorporación de las TICs a la formación. Medidas a adoptar', *Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 18
- Cabero, J., 2004b, 'La investigación en Tecnologías de la educación', *Bordón*, vol. 56, 3-4
- Cabero, J. et al., 2010, 'Usos del e-learning en las Universidades Andaluzas: estado de la situación y análisis de buenas práctica. (Resumen ejecutivo)', *Proyecto de Investigación de Excelencia en Equipos de Investigación. Resolución de 19 de diciembre de 2007. Secretaría General de Universidades, Investigación y Tecnología (Orden de 15 de marzo de 2007. Convocatoria 2007). P07-SE-J.02670*. Grupo de Investigación Didáctica. Universidad de Sevilla.
- Huber, G. y Gürtler, L., 2004, *AQUAD Seis. Manual del programa para analizar datos cualitativos*, Tübingen: Ingeborg Huber Verlag, Alemania.
- Jiménez-Rodríguez, J., 2006, 'El uso de las herramientas de internet en la docencia universitaria', *V Congreso Internacional "Educación y Sociedad"*, Universidad de Granada.
- León, M.J. y Aguaded, J., 2009, '¿Cómo contribuye el material didáctico multimedia en el aprendizaje de las ciencias? Un estudio en las clases prácticas de topografía', *Enseñanza de las Ciencias*, Extra, pp. 1768-1775. VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias.
- León-Bonillo, M.J., Vilches, J.L., Pérez, A.M., González, M.A. y Calderón, A., 2011, 'Evaluación y comparación de resultados (académicos y docentes) del nuevo POD basado en evaluación continua y uso de la WebCT', *Proyecto de Investigación Docente financiado por el I Plan Propio de Docencia, convocatoria 2009-2010*, Universidad de Sevilla.
- León-Bonillo, M.J., 2012, Tesis Doctoral '*Influencia de las NN.TT. en el docente universitario de topografía: estudio de casos*', Universidad de Huelva, disponible en <http://hdl.handle.net/10272/5495>
- Majó J. y Marquès, P., 2001. *La revolución educativa en la era Internet*. CissPraxis, Barcelona.
- Salinas, J., 2004, 'Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria', *Revista Universidad y Sociedad del Conocimiento*, vol. 1, nº1.
- Vázquez-Bernal, B., Mellado, V., Jiménez-Pérez, R. y Taboada, Mª C., 2012, 'The Process of Change in a Science Teacher's Professional Development: A Case Study Based on the Types of Problems in the Classroom', *Science Education*, vol. 96, Issue 2, pp. 337-363.



EL NUEVO ENTORNO DE LA GEOMETRÍA DESCRIPTIVA DERIVADO DE LA APLICACIÓN DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS A LA DOCENCIA

Francisco Ramón LOZANO MARTÍNEZ
Joaquín AGUILAR CAMACHO
Daniel HERNÁNDEZ MACÍAS
Gabriel GRANADO CASTRO

Universidad de Sevilla
Departamento de Ingeniería Gráfica

Resumen

A la docencia de la Geometría Descriptiva, como a todo en la vida, la tecnología le ofrece con frecuencia nuevas posibilidades para su desarrollo. En el campo de la docencia, es el profesional quien tiene que analizar, estudiar las distintas posibilidades, experimentarlas, valorarlas y decidir si verdaderamente la aplicación de estos avances favorece la docencia de la asignatura.

En este camino, el docente debe atender a aspectos legales en la enseñanza, conceptuales de la propia asignatura y procedimentales, tanto del propio recurso tecnológico como de la operatividad de aplicarlo.

Exponemos nuestras experiencias al respecto, presentando las distintas ventajas e inconvenientes con las que nos hemos encontrado.

Existen aspectos importante a considerar y lo hacemos considerando aspectos legales y conceptuales, en las que tratamos aspectos de competencias asignadas a la asignatura y la habitual polémica entre optar por la docencia en 2D o en 3D.

Por supuesto, un punto fuerte a considerar es el de la operativa de trabajo en clase y exámenes: licencias educativas disponibles, equipos disponibles en el centro, conocimientos previos del alumno, medios y formatos de entrega... entre otros. Por todos son conocidas los distintos formatos de entrega: pen-drive, cds, plataforma virtual de enseñanza, cada uno con sus ventajas e inconvenientes que hay que analizar.

Las nuevas tecnologías aplicadas a la enseñanza ofrecen opciones como las presentaciones Powerpoint, distintos software de diseño gráfico, software de creación de videotutoriales para auto aprendizaje o apoyo, plataformas virtuales de educación.

Una opción importante a considera es la corrección de ejercicios entregados en formato digital. De qué software disponemos para realizarlas y si es realmente operativo o no, así como la posibilidad de devolverlos una vez corregidos y con anotaciones a los alumnos.

Texto comunicación

PRESENTACIÓN

Por todos es conocida la variedad de puntos de vista existente respecto a la introducción o no de los recursos que la tecnología nos ofrece en el campo de la docencia de la Geometría Descriptiva. Las principales discrepancias de estas discusiones se centran en distintos puntos que adelantamos a continuación brevemente.

Algunas de las cuestiones son **legales** y **conceptuales**. A veces no está claro si realmente estamos ofreciendo al alumno lo que la normativa educativa nos obliga, o las competencias recogidas en los planes de estudios. Por supuesto, nos encontramos con la interpretación subjetiva de lo que éstas dicen y de lo que son las capacidades y competencias que debemos ayudar a adquirir. En este sentido, como adelanto, podemos plantearnos si al usar el diseño asistido en 3D para la docencia de la asignatura, estamos eludiendo y desvirtuando el sistema diédrico de representación entre otros. Estamos ante el frecuente dilema 2D frente a 3D.

Otro punto fuerte es la elección de **herramientas gráficas y de apoyo** adecuadas. Existen multitud de programas de diseño asistido por ordenador, en adelante CAD, con la posibilidad de trabajar en 2D ó 3D, con distintos enfoques profesionales, más o menos oportunos para la docencia de la geometría.

Un aspecto que no debemos descuidar es el de la **operativa de trabajo en clase y exámenes**. Un tema sin duda delicado y lleno de detalles a considerar: licencias educativas disponibles, equipos disponibles en el centro, conocimientos previos de los alumnos, medio y formato de entrega de ejercicios, tentaciones de copiar y su control, entre otros.

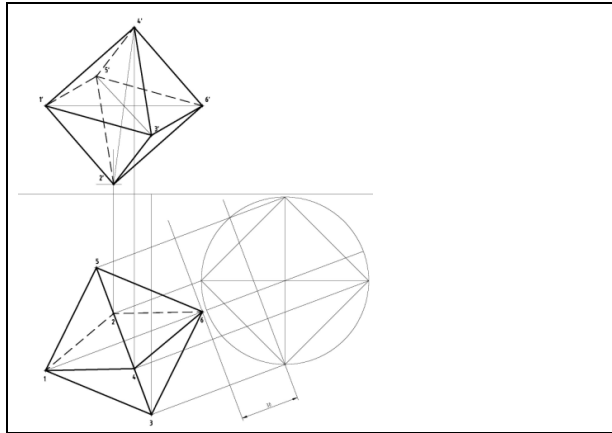


Fig. 1. Trabajo con proyecciones diédricas (2D).
Fuente: elaboración propia.

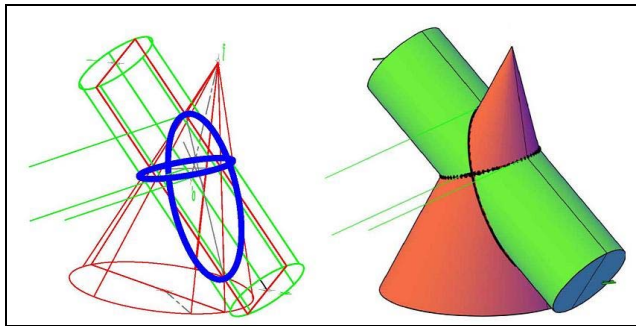


Fig. 2. Trabajo realizado con modelado 3D.
Fuente: elaboración propia.

ASPECTOS LEGALES Y CONCEPTUALES.

La Memoria de Verificación del título de Grado en Ingeniería de Edificación que se imparte en la ETSIE10 de la Universidad de Sevilla, asigna las siguientes competencias específicas a las asignaturas de Geometría Descriptiva I y Geometría Descriptiva II (en adelante GDI y GDII):

Geometría Descriptiva I

- E04 | Capacidad para aplicar los sistemas de representación espacial: *sistema diédrico*.
- E05 | Capacidad para analizar y conocer la geometría espacial de los cuerpos.

Geometría Descriptiva II

- E06 | Capacidad para aplicar los sistemas de representación espacial: *axonométricos, cónico y de planos acotados*.
- E07 | Capacidad para analizar y conocer la geometría espacial de los cuerpos.

Si para la docencia de GDI (sistema de proyección diédrico) decidimos recurrir a la opción de CAD-3D, en nuestro caso, la asignatura se basa en el modelado de figuras en tres dimensiones sobre las que realizamos los distintos ejercicios diseñados durante el curso. Naturalmente, esto implica recurrir a los comandos que nos ofrecen los programas CAD para el manejo de los modelos y el cálculo de distancias y verdaderas magnitudes, entre otras.

Hay opiniones que discrepan de la idoneidad del uso de estos recursos, basadas en el hecho de que no estamos utilizando el sistema diédrico. Éste es un sistema de representación basado en la proyección ortogonal

¹⁰ ETSIE: Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación



sobre el plano (papel o CAD-2D) y del uso de una serie de procedimientos tales como cambios de plano y giros, entre otros, para la el cálculo de distancias, ángulos, verdaderas magnitudes, intersecciones, etc.

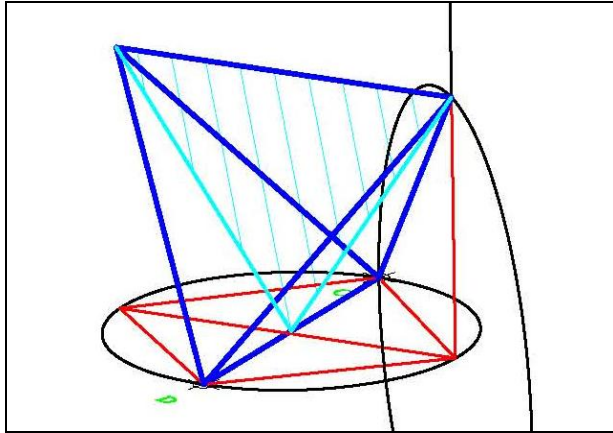


Fig. 3. Construcción de un tetraedro con modelado 3D.
Fuente: elaboración propia.

Frente a esta opinión y en defensa del CAD, está la que se basa en el hecho de que para la resolución de un ejercicio, partimos de una serie de datos expresados en el Sistema Diédrico y cada ejercicio termina con la entrega de la solución expresada también en dicho sistema de representación. En ambos casos se parte de los mismos datos y se llega a la misma solución (incluida presentación). Tan solo difieren los procedimientos y la herramienta empleada en la resolución del ejercicio planteado.

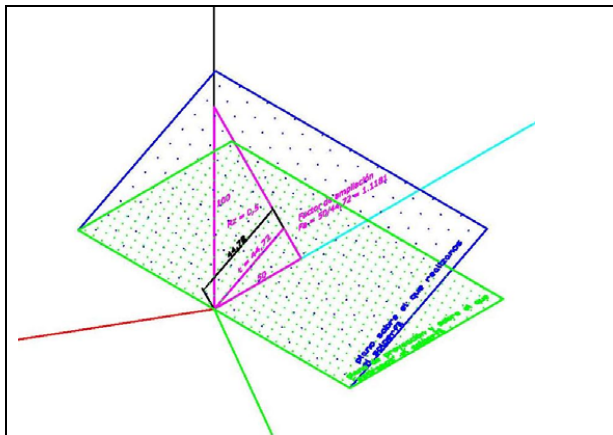


Fig. 4. Realización de axonometría en CAD-3D.
Fuente: elaboración propia.

Para el caso de GDII, en la que se aborda entre otros el estudio del Sistema Axonométrico de representación, nos encontramos con una operativa similar en el caso de optar por la opción CAD. A partir de una información representada mediante vistas diédricas, operamos con modelos 3D que, una vez tratados convenientemente, proyectamos sobre una superficie plana de representación para obtener la misma perspectiva que se obtendría siguiendo los procedimientos tradicionales sobre formato papel. La discrepancia en cuanto a la opción CAD/papel en este sistema de representación resulta similar a la descrita para el Sistema Diédrico.

En cuanto al Sistema Cónico, por un lado, resulta ser el sistema que con mejor claridad reproduce en el estudiante esa sensación de "caja negra" a la hora de resolver proyecciones complejas con ayuda de una herramienta de CAD. Sin embargo, el empleo de este tipo de herramientas resulta totalmente clarificador a la hora de explicar los fundamentos de este sistema con proyecciones sencillas, hecho que evidencia un aspecto

claramente positivo en cuanto al empleo del CAD en la enseñanza de los fundamentos de la perspectiva en este sistema.

Tan sólo en el caso de Sistema de Planos Acotados la discusión desaparece prácticamente. El procedimiento para la resolución gráfica de ejercicios vinculados a terrenos es exactamente el mismo para la opción a papel y para la opción CAD. Tan sólo en la resolución de cubiertas inclinadas, podemos recurrir a su resolución en tres dimensiones, que sin duda ayudan al estudiante a entender y visualizar la resolución de encuentros entre limas y de toda la casuística posible (rinconeras, recintos a distinta cota, medianeras, etc...).

HERRAMIENTAS GRÁFICAS Y DE APOYO.

Entre las distintas herramientas gráficas y de apoyo con las que hemos trabajado en la docencia de GDI y GDII en nuestro Centro, se encuentran la aplicación Autocad de Autodesk® (empleada en su versión 2D y 3D), el uso de presentaciones mediante la aplicación Powerpoint de Microsoft®, la implementación de videos tutoriales para la resolución de casos prácticos con ayuda de la aplicación Adobe Captivate, así como el uso de la plataforma de enseñanza virtual para la Universidad de Sevilla WebCT® o plataforma blackboard® para la creación de contenidos y la docencia on-line y por último el empleo de pizarras digitales durante las sesiones lectivas, volcando los contenidos gráficos desarrollados posteriormente en la plataforma virtual.

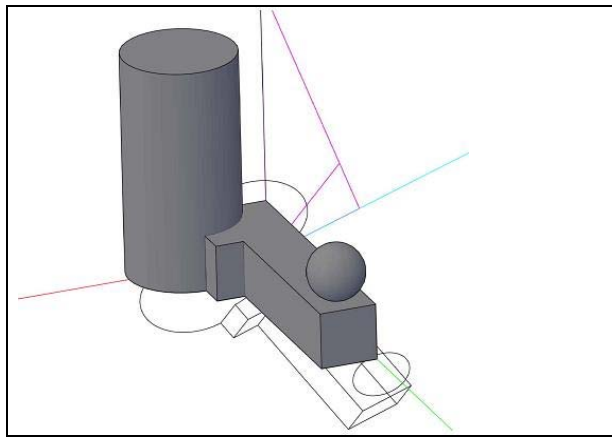


Fig. 5. A la izquierda Axonometría a partir de un modelo tridimensional.
Fuente: elaboración propia.

En el caso de la herramienta de diseño asistido por ordenador, nos encontramos con la ventaja de que su empleo supone un aspecto positivo de apoyo a la docencia, pues resulta enormemente atractivo para el estudiante el cual mejora su receptividad de cara a los contenidos abordados en la disciplina. Sin duda es una herramienta que, en los estudios de perfil técnico como el nuestro, resulta imprescindible sumergirse cuanto antes.

Uno de los principales inconvenientes que hemos detectado con el uso de los programas de diseño asistido aplicados a la docencia de la Geometría Descriptiva, resulta ser el hecho de que el alumno carece de la formación mínima necesaria para su manejo. Este aspecto, que conlleva la necesidad de destinar parte de las primeras sesiones lectivas de la asignatura a la formación elemental en esta materia, bien pudiera parecer un contratiempo de peso a la hora de considerar su uso, puesto que en cierto modo supone una merma del tiempo disponible para impartir los verdaderos contenidos de la asignatura y se ha contrastado que genera un mayor nivel de estrés entre los estudiantes en las primeras sesiones lectivas del curso, al estar éstos más pendiente de su manejo que de la propia asignatura. Ahora bien, la experiencia nos dice que su lento progreso al principio del curso, se ve compensado con la rapidez del trabajo alcanzado a mitad del cuatrimestre y que permite recuperar rápidamente el retraso que inicialmente se pudiera acumular.



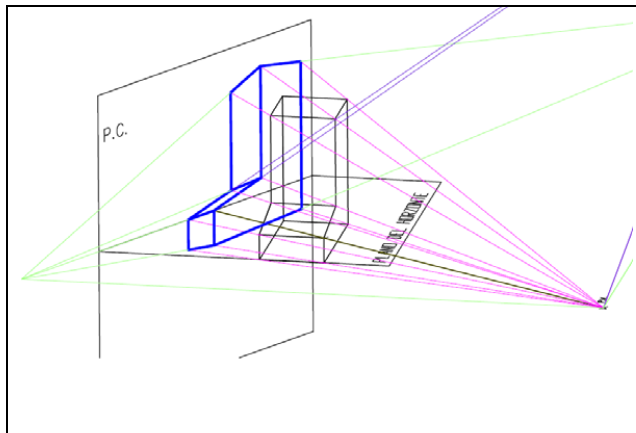


Fig. 6. Perspectiva cónica en 3D.

Fuente: elaboración propia.

No nos vamos a parar mucho en el uso de presentaciones PowerPoint, por ser de uso extendido y generalizado, si bien cabe destacar la contribución de ésta en la docencia de la Geometría Descriptiva, resultando una herramienta de gran apoyo e interés para hacer llegar al alumno con mayor agilidad y sencillez, respecto al uso de la pizarra tradicional, la concepción espacial de los fundamentos geométricos impartidos, mostrados éstos a través de modelos tridimensionales generados en un espacio virtual con ayuda de una herramienta CAD.

Por otro lado, también como una interesante herramienta de apoyo a la docencia de la Geometría Descriptiva, contamos con la posibilidad de realizar videos y tutoriales para auxiliar al alumno en su proceso de aprendizaje. En nuestro caso, auxiliándonos de la aplicación Camtasia®, hemos realizado videos tutoriales que muestran paso a paso la secuencia y los procedimientos para la resolución de ejercicios con herramientas CAD, así como el modelado de sólidos para la explicación, por ejemplo, de la teoría de sombras en el Sistema Diédrico. Alternativamente, la aplicación Adobe Captivate®, nos permite realizar tutoriales en los que el estudiante aprende interactuando con la presentación, la cual procederá de una manera u otra en función del acierto o no del alumno durante el seguimiento del tutorial. Hay que dar a conocer que, desde nuestra experiencia, estos videos y tutoriales cuentan con bastante aceptación por parte de los alumnos. Como principal inconveniente, destacar que la laboriosidad del trabajo necesario para su realización puede suponer una dificultad a considerar.

Tanto las presentaciones Powerpoint como los videos tutoriales, se pueden poner a disposición de los alumnos para su proceso de aprendizaje a través de la plataforma virtual de enseñanza, resultando este material didáctico elaborado una fuente intermedia de conocimiento entre los tradicionales apuntes tomados en clase por los estudiantes y las restantes fuentes existentes (bibliografía, artículos, páginas web, etc...) que como principal ventaja les proporciona la especificidad y el rigor de los contenidos contando en ambos con una gran aceptación entre el alumnado de la asignatura.

Tan sólo, brevemente, citar la plataforma de enseñanza virtual WebCT Blackboard adoptada por la Universidad de Sevilla. Es de uso generalizado y nos permite poner a disposición del estudiante, desde exámenes de cursos anteriores, pasando por las presentaciones Powerpoint y tutoriales anteriormente referidos, hasta la realización de "tareas" para la recogida de ejercicios con día y hora determinada, si bien, esta opción sólo nos resulta útil para el caso de realizar la asignatura con herramientas CAD.

La plataforma también nos ofrece la posibilidad de realizar cuestionarios para evaluar el grado de logro alcanzado por cada estudiante en los contenidos y las competencias desarrolladas durante el curso, de una forma programada en el tiempo y como parte del proceso de evaluación de la asignatura.

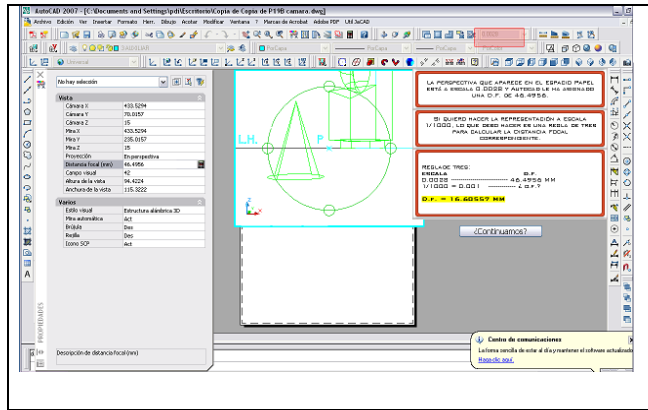


Fig. 7. Tutorial realizado con Adobe Captivate sobre el procedimiento para la realización de perspectivas cónicas con la aplicación AutoCAD. Fuente: elaboración propia.

Destacable, aunque injustamente no explotado, es el caso de las pantallas digitales. Nos permiten ofrecer directamente al alumnado la pantalla de nuestro ordenador y la posibilidad de iterar con ella tal y como si dispusiéramos de un ratón. Sin duda atractivo para el alumnado y realmente operativo en nuestro trabajo, por no mencionar la rapidez con la que se aprende su manejo. A pesar de ello, parece que no muchos nos decidimos por su uso.

OPERATIVA DE TRABAJO EN CLASE Y EXÁMENES

Mucho de lo observado en apartados anteriores, será valorado por nosotros en modo positivo o negativo también, en función de que nos sea operativo y rentable en clase y por supuesto, en los exámenes.

En el caso de optar por desarrollar la asignatura en CAD y en lo concerniente a la entrega de ejercicios y exámenes, frente a la tradicional entrega de ejercicios en papel, nos encontramos con la entrega en formato digital. En nuestro caso, recogemos un archivo formato ".dwg" y otro ".pdf" en los que se debe presentar la solución tal cual resultaría si se hubiera desarrollado a papel con procedimientos tradicionales (a excepción del trazado auxiliar, que puede consultarse visualizando el modelado 3D elaborado, de manera previa a la composición de la solución final, por el alumno).

Entre las distintas posibilidades de recogida de prácticas nos encontramos con las siguientes:

La entrega en un pen-drive es ciertamente poco operativa, ya que es difícil que los alumnos dediquen una de estas unidades a la entrega de prácticas y además de la recogida y devolución de las mismas nos encontramos con la facilidad de transmisión de virus informáticos por estos medios y que evidentemente suponen una amenaza a considerar para nuestros equipos informáticos.

La entrega a través del correo electrónico es más segura, ya que muchos gestores de correo incorporan antivirus, pero resulta algo farragosa. En esta opción es imprescindible obligar que los envíos estén estandarizados en lo que respecta a la identificación de cada alumno y cada ejercicio (mediante una codificación numérica personalizada) en el nombre del archivo adjunto que contiene la práctica y en el texto del asunto del correo electrónico.

Como desventaja, no nos permite controlar con facilidad las fechas de entrega de las prácticas ya que no hay manera de evitar la recepción de un mail, a pesar de que disponemos de la fecha de entrada de cada correo, siendo preciso un cribado manual posterior para descartar los envíos fuera de plazo.

La opción más operativa es la de la plataforma virtual, que nos permite crear "tareas" con fecha y hora de recogida de las prácticas (archivos digitales), ofreciendo una descarga rápida. Es obligado también estandarizar las condiciones de entrega en modo similar al caso del envío por email. Ocasionalmente puede presentar el problema de la conexión a internet.

La opción más segura es la entrega en CD-ROM, por no permitir, al menos hasta ahora ha sido así, la transmisión de virus, aunque supone un gasto considerable y una opción pésima de cara a la preservación del Medio Ambiente, precisando además de un gran espacio físico disponible para almacenarlos.

Respecto a la corrección de ejercicios recogidos en formato digital, no cabe duda que es menos liviana que la hecha en formato papel. La



corrección con auxilio de plantillas es una opción que hay que descartar. Podríamos imprimir todas las prácticas, lo que resulta claramente inviable. La alternativa es disponer de licencia de software que permita escribir o anotar sobre formatos pdf, ya que estos son la solución final que recibimos por parte del alumno. Hemos de reconocer que la devolución de los ejercicios corregidos en formato digital es ciertamente laboriosa, incluso mediante la plataforma virtual de enseñanza que parece ser la más operativa. Una solución de compromiso y que tras su puesta en práctica ha resultado ser una experiencia positiva tanto para estudiantes como el profesorado de la disciplina, ha consistido en destinar las horas lectivas de las sesiones prácticas a realizar un seguimiento y evaluación in situ y en tiempo real del trabajo y los resultados obtenidos por cada alumno en dicha sesión, pues la entrega digital del trabajo realizado fuera del aula es una opción muy tentadora para el perfil de alumno amigo del trabajo ajeno.

Este último aspecto resulta aún más delicado en las entregas digitales realizadas con motivo de los exámenes, ya que todos somos consciente de la tendencia natural de algunos estudiantes a copiar ante la más mínima oportunidad.

Independientemente del modo de recogida de pruebas evaluables, siempre cabe la posibilidad de que los estudiantes se pasen un archivo mediante un pen-drive, bluetooth o por correo electrónico. Se soluciona restringiendo la señal inalámbrica de internet durante la realización del examen en las aulas correspondientes, así como prohibiendo abrir ventana alguna distinta a la del programa de diseño asistido. En caso contrario, implica el suspenso en la evaluación continua y pasar informe a la Comisión de Docencia.

En estos casos, existen procedimientos para detectar si se ha copiado parte del ejercicio de un compañero, aunque la corrección atenta y en una misma jornada por parte del profesor, basta para detectar claramente estos casos.

Si la entrega se realiza por plataforma virtual de enseñanza, la solución consiste en dedicar diez minutos al final de ejercicio para realizar la entrega. Durante este tiempo, no se permite trabajar en la prueba, sólo abrir el explorador de internet y la página de la plataforma para realizar el envío.

Una opción compatible y operativa de entrega es mediante CD-ROM, para cuya grabación se le dedica el mismo tiempo que para el envío por plataforma virtual, siendo el alumno único responsable de la correcta grabación del archivo y su comprobación.

CONCLUSIÓN

En nuestra Escuela, la expresión gráfica está asignada a dos departamentos, Expresión Gráfica e Ingeniería de Edificación (Normalización y Cad) e Ingeniería Gráfica (Geometría Descriptiva y Topografía y Replanteos), por tanto, si dedicamos tiempo a explicar el manejo de programas CAD, estamos trabajando competencias que no tenemos asignadas.

El alumno, al salir de esta Escuela, en lo que respecta a expresión gráfica, debe dominar dos aspectos: dibujo a papel y dibujo a CAD. Dentro del papel, se incluyen el croquizado (incluido en la normalización) y el dibujo a escala (sistemas de representación). El CAD incluye el dibujo 2D y 3D. Esta situación es particular de nuestra Escuela y es algo que nos planteamos reorganizar en el tiempo de modo, que el trabajo en CAD que se desarrolle en otro departamento, lo haga con anterioridad a que nuestros estudiantes comiencen a realizar las prácticas y seminarios con esta herramienta.

En este sentido, nuestra intención es comenzar con la asignatura de Geometría Descriptiva en papel, para a mediados del cuatrimestre, afrontar su desarrollo en CAD-2D. Esto se complementaría con el trabajo con modelados 3D en las clases de seminario con la intención de que sirva de apoyo al desarrollo de la visión espacial del alumno y para la realización de un trabajo en seminario a defender al final del curso.

En definitiva, en apartados anteriores, hemos presentado nuestra experiencia en lo que respecta a la aplicación a la docencia de las posibilidades que nos ofrece la tecnología. Hemos considerado aspectos legales, herramientas de trabajo y procedimientos de trabajo derivados de esta circunstancia.

Todos los aspectos observados son discutibles y admiten por supuesto distintos puntos de vista y posiblemente, alternativas mejores. Lo que no admite duda alguna es que, estos trabajos, resultantes de las inquietudes de los compañeros del departamento por mejorar y avanzar en la docencia de la asignatura, suponen un trabajo de investigación considerable, que merecen un reconocimiento. Momento que aprovechamos para hacerlo.

Sea cual sea el camino que adoptemos tras estas experiencias, seguro que es un camino muy bueno.

Referencias bibliográficas

Martín-Laborda, Rocío. *Las Nuevas Tecnologías en la Educación*. Fundación AUNA. Cuadernos/Sociedad de la Información.

Castells, Manuel 1986 *El desafío tecnológico*. Alianza. Madrid.

Cabero Almenara, Julio 1996 *Nuevas Tecnologías, comunicación y educación*. Versión electrónica EDUTEC Revista electrónica de Tecnología Educativa N° 1

DISEÑANDO ENTORNOS DE APRENDIZAJE CONSTRUCTIVISTAS (EAC) EN LAS ASIGNATURAS: GEOMETRÍA DESCRIPTIVA I Y TOPOGRAFÍA Y REPLANTEOS. LA ACCIÓN TUTORIAL EN LOS "EAC".

Pablo LUCENA LEÓN

Universidad de Sevilla
Departamento de Ingeniería Gráfica

Abstract

The fundamental difference between the constructivist and the objetivist education consists of the fact that the problems direct the learning, instead of using as examples of the concepts and as the before taught beginning. The pupils learn the content of the area of study to solve the problem, instead of solving it as if it was an application of the learning.

The traditional conception objetivist of the learning, it establishes that the knowledge can be transferred by the teachers or transmitted across the technology and acquired by the pupils. On the contrary, the conception constructivist of the learning, it establishes that the knowledge is elaborated individual and socially by the pupils being based on the interpretations of his experiences on the world .

In the learning based on examples, the pupils acquire knowledge and indispensable technologies of reasoning by means of the study of examples.

Introducción

La tradicional concepción objetivista del aprendizaje, establece que los conocimientos pueden ser transferidos por los profesores o transmitidos a través de la tecnología y adquiridos por los alumnos. Por el contrario, la concepción constructivista del aprendizaje, establece que el conocimiento es elaborado individual y socialmente por los alumnos basándose en las interpretaciones de sus experiencias en el mundo.

La diferencia fundamental entre los «Entornos de Aprendizaje Constructivista» (EAC) y la educación objetivista consiste en que los problemas dirigen el aprendizaje, en lugar de servir de ejemplos de los conceptos y de los principios previamente enseñados. Los alumnos aprenden el contenido del ámbito de estudio para resolver el problema, en lugar de solucionarlo como si fuera una aplicación del aprendizaje.

En el aprendizaje basado en ejemplos, los alumnos adquieren conocimientos y técnicas de razonamiento indispensables mediante el estudio de ejemplos. El aprendizaje mediante ejemplos entronca con contextos reales; los alumnos tienen que "arreglárselas" ante situaciones complejas y pensar como profesionales.

La enseñanza debería consistir en experiencias que faciliten la elaboración del conocimiento.

Casi todos los planteamientos del aprendizaje constructivista recomiendan comprometer al alumno en la resolución de ejercicios concretos basados en problemas reales.

Para que los alumnos estén activos, tienen que manipular algo (elaborar un producto, manipular parámetros, tomar decisiones) e influir de alguna forma en el entorno. Los alumnos no pueden considerar el problema como algo propio a menos que aprecien que de sus decisiones derivan evidencias reales.

Los problemas se resuelven cuando un grupo de personas trabaja para desarrollar una concepción común del problema, de manera que sus energías puedan centrarse en su resolución, constituyendo la discusión un elemento indispensable del avance de conocimiento.

No cabe esperar que los alumnos vayan a dar soluciones tan terminadas y eficaces como los profesionales con experiencia. Ése no es el objetivo. El objetivo es aprender a pensar como un miembro más de la comunidad profesional.

A su vez, el papel de la tutoría bajo una estrategia de enseñanza-aprendizaje basada en modelos constructivistas es complejo y diferenciado.

El tutor ha de motivar a los alumnos, analizar sus representaciones, ponerse en su lugar, alimentar sus procesos cognitivos, responder a sus representaciones (feedback), estimular la reflexión y los procesos meta cognitivos. Todo eso al tiempo que orienta en la realización de la tarea y en la solución del problema.

La cooperación en la resolución de un problema requiere la toma de decisiones conjunta, y continúa a través de actividades de creación de un consenso para llegar a una elaboración del conocimiento compartida socialmente y a la comprensión del problema, siendo la acción tutorial el nexo que articula y dinamiza dicha cooperación.

Objetivos

Esta propuesta de investigación presenta un modelo para diseñar «Entornos de Aprendizaje Constructivista» (EAC) en las asignaturas: Geometría Descriptiva I y Topografía y Replanteos, que comprometan a los alumnos en el verdadero significado de "elaboración del conocimiento".

Para ello se plantean diversos ejercicios tipo en dichas materias, como modelos de problemas para la adquisición de conocimientos, y por ende, las competencias necesarias a desarrollar según el Programa



establecido.

El objetivo principal de esta teoría es fomentar la solución de problemas como vehículo principal del aprendizaje. Para ello la labor tutorial debe ser cuidadosamente planificada para el desarrollo, paso a paso, del ejercicio a resolver, velando por ser guía del avance continuo del aprendizaje mediante el análisis, la motivación, el estímulo y la reflexión entre el alumnado.

Contenido

1. EL MODELO DENOMINADO "ENTORNOS DE APRENDIZAJE CONSTRUCTIVISTA" (EAC).

El Modelo EAC consiste en una propuesta que parte de un problema, pregunta o proyecto como núcleo del entorno para el que se ofrecen al aprendiz varios sistemas de interpretación y de apoyo intelectual derivado de su alrededor. El alumno ha de resolver el problema, o finalizar el proyecto, o hallar la respuesta a las preguntas formuladas. Los elementos constitutivos del modelo son:

- a) Las fuentes de información y analogías complementarias relacionadas;
- b) Las herramientas cognitivas;
- c) Las herramientas de conversación/colaboración;
- d) Los sistemas de apoyo social/contextual.

1.1. El punto de partida: formular y responder preguntas, comparar ejemplos, resolver problema, terminar proyecto.

El núcleo central del diseño es la pregunta o tema, los ejemplos, el problema o el proyecto que los alumnos han de resolver y solucionar. Existe en el planteamiento de este modelo un sentido inverso del enfoque objetivista para presentar la información. Mientras en éste se parte de los conceptos y de la información en sí misma, en el modelo EAC se parte de los problemas, los ejemplos o de los proyectos o problemas y, mediante ellos, se llega a la información y a elaborar los conceptos adecuados. En la práctica todas las técnicas enunciadas se basan en los mismos supuestos de aprendizaje que son el aprendizaje activo, constructivista y real. Los criterios para seleccionar unas u otras pueden provenir de la materia, del estilo de aprendizaje de los alumnos, de los recursos instrumentales y materiales disponibles, etc., o se pueden incorporar todos o varios alternando su aplicación.

1.2. El aprendizaje basado en preguntas y cuestiones.

El aprendizaje empieza por una cuestión de respuestas indefinidas o controvertidas. Así se procuran conseguir dos fines: por una parte, despertar el interés y por otra, obligar a buscar y elaborar las respuestas.

En esta fase 2 del diseño de la instrucción, central para el planteamiento del modelo, han de considerarse estrechamente las materias, las edades de los aprendices, y todos los factores sociales y contextuales de los individuos. Valga por tanto sólo la idea central del modelo y no tanto los ejemplos concretos, por otra parte necesarios incluso por exigencia del propio modelo.

1.3. El aprendizaje basado en ejemplos.

También en esta técnica la finalidad es aproximar a los alumnos a los centros de su interés tratando de entroncar los temas a aprender con los contextos reales. Mediante los ejemplos los alumnos adquieren conocimientos y técnicas de razonamiento necesarias para el contexto curricular concreto. Mediante ellos el aprendiz afronta situaciones que o son o pueden ser reales.

Situaciones complejas que le entrena en las habilidades propias de los profesionales del campo específico y les fuerza a utilizar el pensamiento como lo hacen ellos.

1.4. El aprendizaje basado en proyectos.

Esta técnica está pensada para unidades educativas integradas a largo plazo donde los alumnos deben centrarse en trabajos complejos compuestos que integran un amplio proyecto.

Particularmente apto para las materias técnicas, los alumnos debaten ideas, planifican, controlan factores implicados en el proyecto, dirigen experimentos, establecen resultados. En esta técnica se fomenta especialmente la capacidad de autocontrol y regulación a la vez de un proceso en marcha y del propio aprendizaje. En cierto modo es apta para fomentar la meta cognición pues la necesaria confrontación constante entre gestión, desarrollo del proyectos y resultados obliga, incluso sin proponérselo explícitamente, a observar y acomodar el propio proceso de aprender.

1.5. El aprendizaje basado en problemas.

Puede ser una técnica muy apta para incorporar a los currículos ordinarios en cualquier materia o nivel simplemente mediante la adaptación de los problemas a las exigencias de la materia y las condiciones cognitivas de los alumnos. En esta técnica el alumno ha de tomar conciencia también de los diferentes pasos del proceso y la actividad cognitiva. Cada nuevo paso constituirá un avance o por el contrario un tropiezo que obligará a revisar y ordenar y regular incluso los pasos anteriormente adoptados. De ahí se puede extraer conciencia e información sobre el propio proceder cognitivo y servir de ayuda para la autorregulación del aprendizaje incluso en otros contextos de aprendizaje, estudio, comprensión de textos, etc. Pues, en definitiva, cualquier materia, con contadas excepciones, puede comprenderse en términos de problemas.

Dada la semejanza entre los presupuestos educativos de todas las técnicas enunciadas nos referiremos en lo sucesivo, genéricamente, a todas ellas bajo el término de problema.

Una de las claves del éxito de la inclusión de estas técnicas en el diseño de la instrucción es el que los problemas sean interesantes, pertinentes y atractivos de resolver pues la motivación va a jugar un papel importante en estas fórmulas educativas. Los problemas no han de estar muy definidos y constreñidos; por el contrario, han de estar definidos y estructurados de forma insuficiente de manera que algunos aspectos del problema resulten inesperados y puedan ser definidos por los alumnos. De esa manera se ha comprobado que los alumnos se involucran más en el problema como si fuera propio o definido por ellos mismos. Además, resulta muy apta esta necesidad de definir el problema para aplicar el trabajo grupal y el "aprendizaje cooperativo" de manera que haya varias perspectivas simultáneamente y se pueda adoptar y elegir de entre varias. Al hablar de problemas mal o escasamente estructurados, hemos de entender:

- Tienen objetivos y formulaciones que no están formulados;
- Poseen múltiples soluciones, varias líneas de soluciones o incluso ninguna solución;
- Poseen múltiples criterios para evaluar las soluciones;
- Presentan incertidumbres a la hora de aclarar cuáles son los conceptos, las reglas y los principios necesarios para una solución dada o cómo están organizados;
- No ofrecen reglas o principios generales para describir o predecir el resultado de la mayoría de los casos;
- Necesitan que los alumnos establezcan juicios sobre el problema y los defiendan expresando sus opiniones o sus creencias personales.

1.6. ¿Cómo podemos identificar problemas para los EAC?

Conviene fijarse no en los temas como en los libros de texto sino por lo que hacen sus profesionales. Como en el aprendizaje directo de los expertos, se puede preguntar u observar qué hacen los profesionales con experiencia y constituir una base de datos de problemas y situaciones que ellos abordan y resuelven ordinariamente.

Otra fuente de obtención de problemas son los periódicos, las revistas especializadas y las noticias. En todos ellos aparecen problemas de muy diversa índole, naturaleza y materia que necesitan solución. ¿Qué hacen los profesionales en este caso?, sería una pregunta adecuada para formular el problema.

1.7. ¿Poseen los alumnos conocimientos previos o capacidades para trabajar este problema?

No cabe esperar que los alumnos vayan a dar soluciones tan terminadas y eficaces como los profesionales con experiencia. Ése no es el objetivo. Hay que insistir que el objetivo es aprender a pensar como un miembro más de la comunidad profesional o temática adoptada.

Los problemas en la EAC necesitan incluir tres componentes integrados:

- a) El contexto del problema;
- b) La representación o la simulación del problema;
- c) El espacio de manipulación.

Los tres han de ser emulados en el entorno para cumplir los fines de un EAC.

2. CONTEXTO DEL PROBLEMA

Una parte fundamental de la representación del problema lo constituye la descripción del contexto en el que éste tiene lugar. El EAC debe describir en el enunciado del problema todos los factores contextuales que lo rodean.

Entorno de representación: se debe describir el clima físico, sociocultural y organizativo que circunscribe al problema.

2.1. Representación/simulación del problema.

La representación del problema es fundamental para que el alumno pueda adquirirlo. "Ha de ser atractiva, interesante y seductora, capaz de perturbar al alumno". El autor del modelo piensa que la realidad virtual ofrece posibilidades exclusivas para una buena representación del problema: "puede convertirse pronto en el método por antonomasia para la representación de los problemas".

La narración de relatos es un método de representación eficaz y que no plantea grandes problemas tecnológicos. El contexto del problema y su representación se convierten en un relato sobre un conjunto de acontecimientos que conducen a un problema que es necesario resolver.

Los problemas que se plantean –recuerdo que por problema entendemos tanto los problemas en sí mismos como las preguntas, los proyectos, etc.– han de ser reales. Se recuerda que todos los planteamientos constructivistas recomiendan comprometer al alumno en la solución de problemas reales. Es decir, que la representación se apoye en ejercicios del mundo real. La mayoría de los educadores interpretan que "real" significa que los alumnos deberían comprometerse en actividades que presenten el mismo tipo de retos cognitivos que los del mundo real.

Real puede significar también sencillamente que es pertinente o interesante desde el punto de vista personal para el alumno.



2.2. El espacio de manipulación del problema.

Como es sabido, la manipulación, la actividad, entendida en sentido no exclusivamente físico (elaborar un producto, manipular parámetros, tomar decisiones, simular situaciones, etc.) e influir, a través de ello, en el entorno es un requisito y apoyo para lograr un aprendizaje significativo. El espacio de manipulación del problema ha de definir los propósitos, las señales y las herramientas necesarias para que el alumno manipule el entorno. Este espacio de manipulación es el ámbito por el que los alumnos van a sentir el problema como propio en el que ellos pueden influir y modificar comprendiéndolo.

Los espacios de manipulación del problema son modelos causales que permiten a los alumnos contrastar los efectos de sus manipulaciones, recibir respuestas (feedback) a través de los cambios en el aspecto de los objetos físicos o en las representaciones de sus acciones (cuadros, gráficos, tablas, textos, números, etc.) Deben ser manejables, sensibles, realistas e informativos.

Ni que decir tiene que las manipulaciones no han de ser necesariamente físicas. Los supuestos, las hipótesis y el uso de los ordenadores pueden suplir adecuadamente e incluso con ventaja el carácter físico de los problemas cuando éstos tengan esa naturaleza.

3. EJEMPLOS RELACIONADOS.

Los ejemplos juegan un importante papel en la representación adecuada de los problemas por los aprendices. Los ejemplos han de contribuir a facilitar la experimentación y la construcción de modelos mentales suministrando y favoreciendo en los alumnos principiantes la acumulación de experiencias, la confrontación de situaciones semejantes que le conduzcan a una plena comprensión del problema y al entrenamiento en los procedimientos para resolverlos. La comprensión de los problemas, analizar las cuestiones implicadas en los mismos, la práctica de razonamientos aptos tanto para la adecuada comprensión como para su solución son los objetivos básicos de esta fase del modelo establecido por Jonassen para el diseño de entornos constructivistas EAC que él concreta en estas dos funciones:

- a) Reforzar la memoria del alumno;
- b) Aumentar la flexibilidad cognitiva.

3.1. Reforzar la memoria de los alumnos

La idea de poner ejemplos como ayuda a la comprensión y memorización de los elementos conceptuales y procedimentales de los problemas está fundamentada en la concepción del aprendizaje que explica que el acceso a los nuevos conocimientos en el aprendizaje exige tener conocimientos y referencias previas que sirvan de anclaje para los conocimientos nuevos.

Cuando los seres humanos se enfrentan por primera vez a una situación o a un problema buscan, primero, naturalmente, en sus recuerdos de casos similares que hayan resuelto previamente (Polya 1957). Si hallan un precedente entre sus experiencias cuyas características coinciden aplican los mismos esquemas tanto para comprender primero como para operar luego.

Por otra parte, el conocimiento adquirido por la vía de ejemplos se codifica y organiza en forma de relatos sobre experiencias y sucesos y se almacena en la memoria episódica que se conecta directamente con las experiencias personales. De este modo, esta forma de memoria adquiere un gran valor heurístico para deducir normas, procedimientos, razonamientos, etc. para aplicar a nuevas situaciones similares. Éste es el fundamento psicológico de esta forma de instrucción basada en los ejemplos. En ese sentido la instrucción ha de insistir en el trabajo de los elementos potencialmente significativos de un problema, los razonamientos, los procedimientos, los supuestos y referencias, los esquemas o rutinas para su solución, etc. de manera que esté asegurada la memorización de tales aspectos. No basta asimilar la globalidad sino cada uno de los elementos. Para ello, es preciso insistir no sólo en los resultados como suele ser habitual en la enseñanza por solución de problemas en los entornos educativos convencionales.

3.2. Aumentar la Flexibilidad cognitiva.

Por flexibilidad cognitiva se debe entender la capacidad del aprendiz para analizar todas las implicaciones de las situaciones y problemas; la capacidad para utilizar y aplicar diversas representaciones y, así, llegar a formar otras complejas; dar una aplicación versátil a los referentes con que cuenta el aprendiz en su repertorio de experiencias. La propuesta EAC pretende que el modelo de ejemplos proporciona múltiples representaciones de los contenidos para transmitir la complejidad inherente al ámbito de conocimiento. Para aumentar la flexibilidad cognitiva, es importante que los ejemplos relacionados ofrezcan una diversidad de puntos de vista y de perspectivas sobre el caso de estudio o proyecto que se esté resolviendo.

4. FUENTES DE INFORMACIÓN

Para investigar los problemas, los alumnos necesitan información con la que elaborar sus modelos mentales y formular hipótesis que dirijan la manipulación del espacio del problema.

Por lo tanto, cuando se diseña un EAC se debería determinar qué tipo de información va a necesitar el alumno para comprender el problema. Las abundantes fuentes de información representan una parte fundamental de los EAC. Éstos deberían proporcionar información seleccionada por el alumno, asumiendo que dicha información tiene mucho más sentido en el contexto de un problema o de una aplicación concreta. Otros bancos de datos o información deberían estar ligados al entorno como pueden ser los documentos de texto, los gráficos, las fuentes de sonido, el vídeo y las animaciones que resulten adecuadas para ayudar a la comprensión del problema y sus principios.

Internet es el medio de almacenaje por excelencia por tratarse de un poderoso conector que permite que los usuarios tengan acceso a los recursos multimedia de la Red. Sin embargo, la sobreabundancia y la proliferación de elementos superfluos en los hipertextos de las páginas Web obliga a ser selectivos en el uso y recomendación de la práctica de navegación en Internet para un propósito concreto. Ha de valorarse el criterio y madurez del aprendiz para seleccionar pertinentemente.

5. LA TUTORÍA

El papel de la tutoría es fundamental en el proceso de enseñanza-aprendizaje del EEES.

Un buen tutor motiva a los alumnos analizando sus comportamientos, dando respuestas (feedbacks) y consejos sobre sus actuaciones y sobre cómo aprender a realizarlas, así como estimulando la reflexión y la articulación sobre lo aprendido.

En general la labor del tutor se puede resumir en la consecución de los siguientes objetivos:

- Proporcionar pautas motivadoras

Un buen tutor explica a los alumnos la importancia de la tarea de aprendizaje. Si los alumnos no se sienten de inmediato atraídos por el problema, el tutor tendrá entonces que proporcionarles una buena razón para comprometerlos. Una vez comenzado el proceso, el tutor deberá elevar el nivel de confianza del alumno, especialmente durante las primeras fases del problema o del proyecto. Las pautas motivadoras desaparecen cuando el alumno se compromete con el ejercicio propuesto.

- Controlar y regular del rendimiento de los alumnos

La labor más importante del tutor es el control, el análisis y regulación del desarrollo de las competencias importantes del alumno. La preparación puede: proporcionar pistas y ayudas sobre cómo dirigir a lo alumnos hacia ciertos aspectos del ejercicio recordándoles las partes del ejercicio que han pasado por alto:

- sugerir formas adecuadas de pensamiento, como en el caso de las sugerencias para elaborar imágenes, realizar inferencias, generalizar otra idea, usar una analogía, inventar una historia, formular preguntas, resumir los resultados o sacar una conclusión;
- sugerir la utilización de actividades de colaboración;
- sugerir que se tenga en cuenta ejemplos relacionados o fuentes de información concretas que puedan ayudar a los alumnos a interpretar o a comprender las ideas.

- Estimular la reflexión

Un buen tutor se convierte en la conciencia del alumno, por lo tanto, estimula a los alumnos a reflexionar (controlar y analizar) sobre su representación. Su labor puede llevarse a cabo introduciendo preguntas que sirvan de estímulo y que pidan a los alumnos:

- que reflexionen sobre lo que han hecho;
- que reflexionen sobre las conjeturas que hacen;
- que reflexionen sobre las estrategias que utilizan;
- que expliquen por qué reaccionaron de una determinada manera o emplearon una herramienta concreta para una acción;
- que digan hasta qué punto están seguros de una respuesta;
- que aprendan a discutir con el preparador;
- que proporcionen incógnitas que los alumnos tengan que resolver y les conduzcan a una representación adecuada.

Las tutorías se ofrecerán en la doble modalidad de presenciales y virtuales, éstas últimas a través de la plataforma virtual WebCT bien mediante correos personalizados, mediante foros de debate o mediante el chat y pizarra.

-Tutoría académica o especializada: trabajo personalizado con un estudiante o equipo, en el aula o en un espacio reducido. Se trata de la tutoría como recurso docente de "uso obligatorio" para que los estudiantes perciban un seguimiento de su proceso de aprendizaje. Se programa tras haber realizado el reparto de trabajos entre los alumnos, una vez se hayan formado los grupos.

Se establecerán un número mínimo de revisiones por grupos, alumno y curso.

-Tutoría asistencial: tutoría de carácter voluntario para el alumno, siendo éste el que decide el grado de utilización de la misma. El profesor resolverá dudas, orientará acerca de procedimientos, etc.

El profesor dispondrá de un horario para tutorías presenciales y virtuales.

6. EL REFUERZO (Scaffolding).

El concepto de Bruner del *andamiaje* se desarrolló, desde una perspectiva evolutiva, para referirse a las acciones que el adulto debe realizar con el bebé o infante cuando él o ella es completamente incapaz y dependiente para acciones o pensamiento, período durante el cual el andamio debe rodear completamente el edificio mental del niño pero que debe ir siendo eliminado progresivamente a medida que éste alcanza autonomía y madurez. Ésa ha de ser la función del refuerzo en la EaD y, en general, en los entornos abiertos. El refuerzo proporciona modelos temporales para respaldar el aprendizaje y la representación de los alumnos más allá de sus capacidades.

La diferencia entre la tutoría y el refuerzo reside en que mientras aquélla se dirige a todo el proceso de la actividad cognitiva, el refuerzo se orienta más concretamente a apoyos particulares a la tarea en sí misma. Sería como respuesta a una demanda del alumno (Ayúdame a hacerlo). Entre las acciones concretas que pueden constituir un refuerzo podrían estar:



- Adaptar la dificultad del ejercicio, el ritmo y el tiempo así como los plazos de resolución.
- Reestructurar el ejercicio para reemplazar los conocimientos. A veces puede interesar reestructurar el ejercicio para afirmar el aprendizaje y la transferencia así como para observar la representación de la tarea por el alumno.
- Proporcionar evaluaciones complementarias y alternativas para dirigir el interés y la focalización de la energía del alumno no sólo allá donde él cree que puede encontrar una evaluación más positiva y orientarle de las otras dimensiones que también son evaluadas, el proceso, los procedimientos, la adquisición de nuevas habilidades, el control y la regulación del proceso, etc.

7. TRABAJOS ACADÉMICOS EN GEOMETRÍA DESCRIPTIVA I

Son trabajos grupales de investigación y profundización en el aprendizaje de la asignatura Geometría Descriptiva I, en sus aplicaciones arquitectónicas o industriales más relevantes, así como una revisión histórica de sus orígenes.

El profesor propondrá la primera semana del curso cinco trabajos de investigación, para su preparación y posterior exposición pública como ponencias.

Los alumnos se distribuirán en grupos de no más de cinco componentes y si no fuera posible su correcta distribución, sería labor del profesor el reparto de los mismos, siendo condición indispensable para su posterior entrega y defensa como ponencia, el asesoramiento y visto bueno del profesor mediante el uso de las tutorías académicas en las cuales se trabajará sobre el proceso de investigación, desarrollo y obtención de resultados que conlleven la adquisición de las competencias necesarias.

A continuación se describen cinco propuestas de trabajos de investigación para el curso académico 2012-13:

- **TRABAJO 1:** Orígenes de la disciplina Geometría Descriptiva. Sistemas de representación en las distintas civilizaciones. Gaspard Monge y el Sistema Diédrico.

La Geometría Descriptiva hoy. Uso de C.A.D.



Fig 1. Gaspard Monge

- **TRABAJO 2:** Clasificación de las superficies poliédricas. Poliedros platónicos. Poliedros arquimedianos. Secciones principales y características. Desarrollos. Maquetación.



Fig 2. Superficies poliédricas.

- **TRABAJO 3:** Análisis geométrico de superficies alabeadas en las cubiertas textiles. Puente del Cristo de la Expiración en Sevilla. Maquetación.



Fig 3. Puente Cristo de la Expiración. Sevilla.

- **TRABAJO 4:** Análisis geométrico de intersección de superficies de revolución en las cubiertas de la Iglesia del Salvador en Sevilla. Maquetación.



Fig 4. Iglesia del Salvador. Sevilla.



- **TRABAJO 5:** Análisis geométrico y temporal de las sombras propias y arrojadas de la Torre de Córdoba del Campus Universitario de Reina Mercedes de Sevilla, en un intervalo de 8 horas, en las fechas correspondientes a los solsticios y equinoccios, con el empleo de la carta solar de Sevilla. (Soleamiento).



Fig 5. Torre de Córdoba. Sevilla.

1012

8. TRABAJOS ACADÉMICOS EN TOPOGRAFÍA Y REPLANTEOS

Son trabajos grupales de investigación y profundización en el aprendizaje de la asignatura Topografía y Replanteos, en sus aplicaciones arquitectónicas o industriales más relevantes y perfectamente extrapolables al campo profesional por su similitud con trabajos reales.

El profesor propondrá la primera semana del curso seis trabajos de investigación, para su preparación y posterior exposición pública como ponencias.

Los alumnos se distribuirán en grupos de no más de cinco componentes y si no fuera posible su correcta distribución, sería labor del profesor el reparto de los mismos, siendo condición indispensable para su posterior entrega y defensa como ponencia, el asesoramiento y visto bueno del profesor mediante el uso de las tutorías académicas en las cuales se trabajará sobre el proceso de investigación, desarrollo y obtención de resultados que conlleven la adquisición de las competencias necesarias.

A continuación se describen seis propuestas de trabajos de investigación para el curso académico 2012-13:

- **TRABAJO 1:** Levantamiento con estación total, mediante distanciómetro por infrarrojos, de parcela objeto de una hipotética intervención arquitectónica en Campus Universitario de Reina Mercedes en Sevilla. Triangulación y curvado.

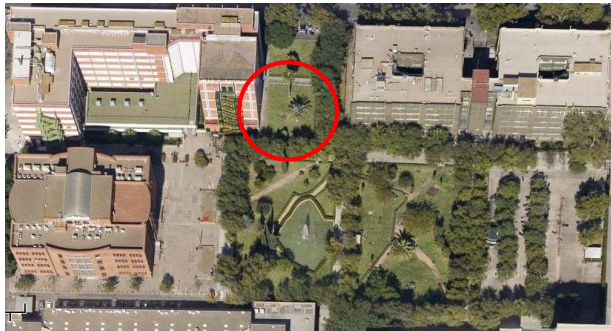


Fig 6. Parcela objeto de intervención. Campus Universitario de Reina Mercedes. Sevilla.

- **TRABAJO 2:** Levantamiento de la parcela anterior mediante receptor GPS aplicando el método de posicionamiento absoluto. Tratamiento de datos obtenidos y corrección en postproceso mediante el método diferencial de posicionamiento a partir de las correcciones obtenidas de la red de estaciones permanentes RAP (Red Andaluza de Posicionamiento).

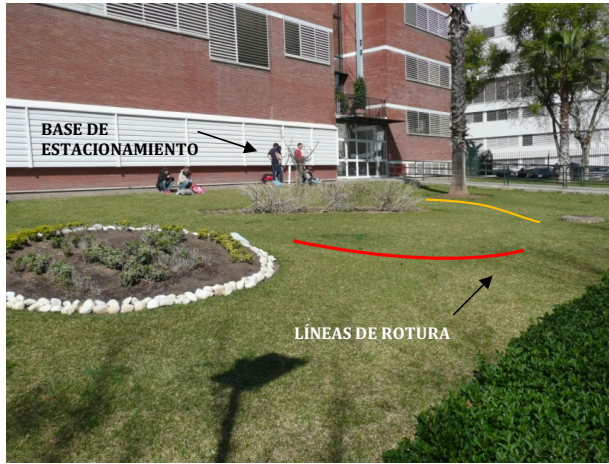


Fig 7. Base elegida de estacionamiento en parcela E1. Campus Universitario de Reina Mercedes. Sevilla.

- **TRABAJO 3:** Cálculo de movimiento de tierras (con software específico de Topografía) necesario para intervención arquitectónica según planos de proyecto aportados, con cotas de terminación para futuro edificio tipo aislado de planta única.
- **TRABAJO 4:** Cálculo en gabinete de cotas de alcantarillado y saneamiento según estudio previo de proyecto. Replanteo de la red. Nivelación.
- **TRABAJO 5:** Replanteo de cimentación, ejes de pilares, cerramientos y distribución interior de tabiquería.
- **TRABAJO 6:** Levantamiento con estación total mediante distanciómetro láser de zona interior de la E.T.S.I.E. y posterior modelado en 3d.

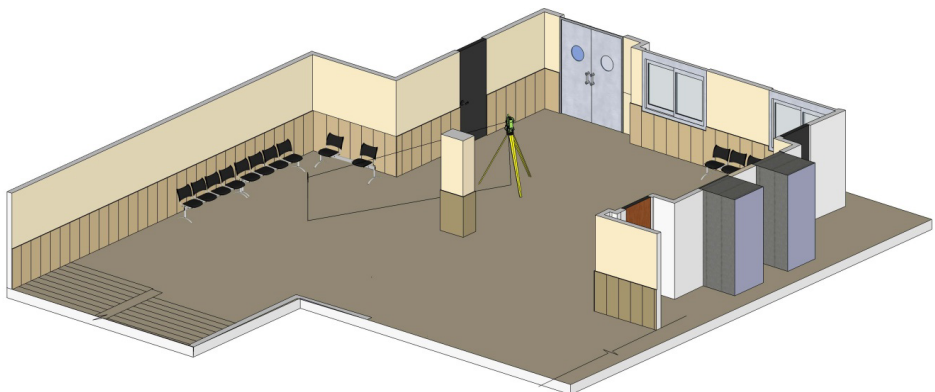


Fig 8. Levantamiento y modelado 3d de zona interior E.T.S.I.E. de Sevilla.



Conclusiones

Esta línea de investigación plantea el reto de establecer nuevos contenidos, diseñar actividades formativas, metodologías y criterios de evaluación en las disciplinas: Geometría Descriptiva y Topografía y Replanteos, basados en el desarrollo y aplicación por parte de los alumnos, de casos y proyectos reales, sobre los que puedan profundizar e investigar en: la geometría de las superficies, sus desarrollos, intersecciones, las mediciones geométricas de unidades de obra, el análisis de la luz sobre las edificaciones, la planificación, ejecución y resolución de forma real de un levantamiento de terreno o elemento arquitectónico, y la materialización y verificación de un replanteo sobre el terreno aplicando los métodos y medios topográficos adecuados, necesarios y más rentables a cada caso; e innumerables ejercicios, tanto a nivel arquitectónico como ingenieril, que acerquen el mundo profesional y el académico-universitario, dándole verdadero sentido a los objetivos y competencias que se pretenden alcanzar con estas disciplinas.

A su vez, se analiza el importante papel desarrollado por la tutoría académica bajo una estrategia de enseñanza-aprendizaje basada en modelos constructivistas, en los que la labor del tutor para comprometer al alumno en el proyecto a realizar, proporcionando pautas motivadoras, estimulando la reflexión y controlando el rendimiento, es esencial para alcanzar el fin propuesto, que no es otro, que la adquisición de unas competencias en unas determinadas materias, que capaciten al alumno a su desarrollo profesional externo al ámbito universitario.

Referencias bibliográficas

Esteban, M 2002, "El diseño de entornos de aprendizaje constructivista", *RED. Revista de Educación a Distancia*, noviembre, número 006, Universidad de Murcia.

García González, E 2001 *Piaget: la formación de la Inteligencia*, México, 2ª edición.

Jonassen, D 2000, *El diseño de entornos constructivistas de aprendizaje*, en C.H. Reigeluth: *Diseño de la instrucción. Teoría y modelos*, Madrid, Aula XXI, Santillana.

Jonassen, D y Rorher-Murphy, L 1999, *Activity Theory as a framework for designing constructivist learning environments*, *Educational Technology: Research and Development*, 46.

THE IMPORTANCE OF SKETCHING IN THE ACADEMIC SUBJECT OF CONSTRUCTION

Francisco MARTÍNEZ RUIZ
Rosario CERVERA DUART
María del Mar APARISI RODRIGUEZ

In recent years there has been a lower performance from students in the resolution of construction details in the construction subjects, possibly caused by the declining culture of manual labor of the students and the increased use of media. We've gone from presenting the class on the blackboard to the generalization of digital platforms, internet, etc., and managing large amounts of data and drawings in digital formats.

The concern is that this lack of knowledge has been detected also in constructions, where the recently graduated students are not able to give a fast graphic respond to a construction problem, either on the construction site or in the preparation of the project.

It is there for necessary to redefine the approaches of the different Technical Drawing subjects given in Building Engineering

LA IMPORTANCIA DEL CROQUIS EN LA ASIGNATURA DE CONSTRUCCIÓN

Un arquitecto ni puede ni debe ser un gramático, como fue Aristarco, pero tampoco puede ser un ignorante; tampoco puede ser un músico de la talla de Aristoxeno, pero no puede ignorar la Música; no se le puede exigir ser un pintor como Apeles, pero sí debe conocer el arte del dibujo;

Es conveniente que el arquitecto sea una persona culta y conozca la literatura para fortalecer su memoria con sus explicaciones; conviene que domine el arte del dibujo, con el fin de que, por medio de reproducciones gráficas, le sea posible formarse una imagen de la obra que quiere realizar

Libro primero, capítulo 1
Marco Lucio Vitruvio Polión
año 30 a .C.

"Prefiero dibujar a hablar. El dibujo es más rápido y deja menos lugar a mentiras"

Le Corbusier

En el caso de los estudios de Ingeniería de Edificación la asignatura de construcción se imparte desde primer curso, y uno de los problemas que plantea es la falta de preparación del alumno en dibujo, ya que el alumno llega del bachillerato sin conocimientos previos suficientes en materia de dibujo.

En el caso de los alumnos que proceden de la formación profesional, la preparación del alumno en dibujo es mayor, pero esto crea un problema añadido ya que acentúa todavía más la falta de nivel del alumno de bachillerato, lo que redundará en la diferencia de nivel entre alumnos de una misma asignatura, esto se refleja en las pruebas que se realizan ya que se acusa la diferencia de respuesta entre los diferentes alumnos, obligando al profesor a un esfuerzo añadido para suplir la falta de homogeneidad del grupo. Provoca que algunos alumnos no sean capaces de seguir el ritmo de las clases en igualdad de condiciones que los demás.

Si analizamos el plan de estudios actual en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación vemos que la asignatura de dibujo dispone de 3,25 horas a la semana y la asignatura de construcción de 3,5 horas a la semana, y se cursan las dos de forma anual y a la vez.

Lo que significa que el alumno cuando comienza a estudiar construcción aún no ha adquirido los conocimientos y la destreza previos que serían necesarios para abordar la asignatura de construcción.

Esto dificulta el aprendizaje y sobre todo la capacidad del alumno de tomar apuntes en clase y resolver prácticas y pruebas de evaluación. De hecho se detecta la evolución al comparar los resultados de un mismo alumno entre el primer y el segundo cuatrimestre, en el primer cuatrimestre la capacidad del alumno para tomar apuntes es bastante menor que en el segundo, lo que se traduce en un ritmo inferior de la clase en el primer cuatrimestre.

Otra dificultad detectada es la presentación de dibujos en CAD, a pesar de pedir los dibujos realizados a mano alzada, se da la circunstancia de que el alumno muestra cierta tendencia a la utilización del ordenador en todo lo que hace, esto que se va generalizando a medida que el alumno avanza en la carrera, lo que no facilita precisamente el dominio del dibujo del detalle constructivo realizado manualmente.

El problema de la falta de dominio de la herramienta del croquis se traslada de las aulas al ejercicio profesional, en el trabajo cada vez más se evita dibujar a mano, lo más inmediato es el uso del ordenador, incluso para esquemas sencillos. Ocurre un fenómeno similar al que vivimos en el momento de la aparición de las calculadoras, en que se paso de la capacidad de resolver problemas aritméticos sencillos mentalmente a la total dependencia de la calculadora incluso para realizar cálculos elementales, y no digamos ya la resolución de divisiones, multiplicaciones, etc.

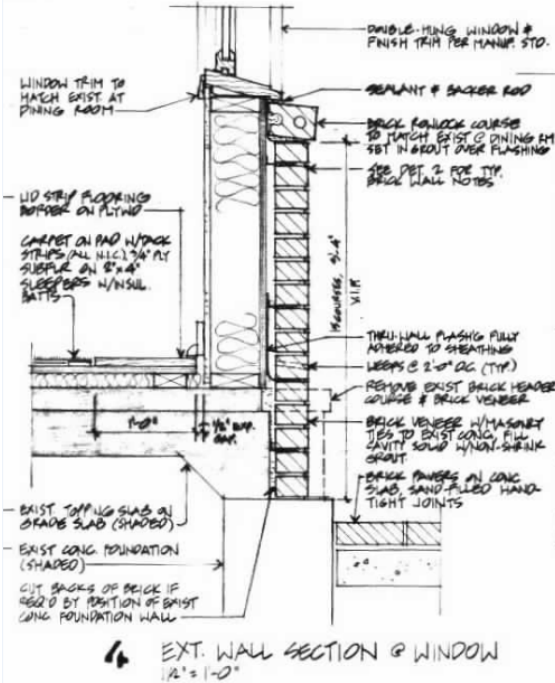
En la propia obra, es cada vez más habitual que el técnico proponga enviar el detalle por correo electrónico, hasta hace poco por fax, en lugar de realizarlo en la propia obra, a mano alzada, ya sea en el libro de órdenes



o incluso sobre cualquier superficie de la obra, un pilar de hormigón, una pared enlucida, etc.

El tema es preocupante dado que nuestra formación es de técnicos y por lo tanto debemos basar parte de nuestra profesión en la expresión a través del dibujo. Podemos decir que el dibujo es el lenguaje común entre las diversas profesiones y profesionales que coexisten en la construcción/arquitectura. Lo que cada vez es más importante, incluso necesario, dado el sistema global en que vivimos, lo que redundará en una mayor complejidad del ámbito profesional.

Podemos analizar a modo de ejemplo este detalle adjunto, bajado de internet, anónimo, en el que vemos el croquis de una sección constructiva donde se aprecia la formación del antepecho de una ventana.



Podemos constatar cómo, a través del dibujo, inmediatamente comprendemos el detalle, y esto se debe a que el dibujo es un lenguaje universal, consustancial al género humano en general, y al técnico en particular.

Desde siempre el hombre ha utilizado el dibujo como medio de transmisión de conocimientos.

Las primeras expresiones no habladas del hombre fueron las pinturas rupestres, que hoy en día son perfectamente comprensibles para todos nosotros. Deberíamos considerar las asignaturas de construcción como un entrenamiento para la obra, y ser conscientes como docentes que si no se alcanza un nivel importante de expresión gráfica durante la carrera, esta carencia acompañará al

profesional en el desempeño de su profesión.

Se ha planteado en esta ponencia la relación entre el croquis y las asignaturas de construcción, pero sería lo mismo plantear la relación entre croquis y obra, ya que el fin de la carrera es preparar a los estudiantes para que desempeñen su trabajo, principalmente, en obra, bien sea como directores de obra, como jefes de obra, o como técnicos en general.

La ejecución de la obra es una labor de equipo, no es un ejercicio personal, por lo tanto, y hoy en día más, es importante la relación del técnico con el personal de la obra, y sobre todo la capacidad del técnico de hacerse entender, y de transmitir instrucciones, y aquí radica la importancia del dibujo como vehículo de expresión entre los diferentes profesionales que coexisten en la obra.

Hay que tener en cuenta lo siguiente:

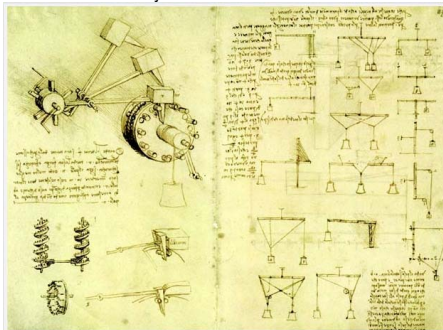
- Retenemos el 10% de lo que leemos
- El 20% de lo que oímos
- El 30% de lo que vemos

Por lo tanto un dibujo en un libro de órdenes tiene tres veces más probabilidades que una instrucción escrita de ser retenida por un trabajador de la obra, y vez y media más que una instrucción verbal.

En el caso de la construcción y la arquitectura es donde la necesidad del dibujo es más evidente, por ello hay que abogar por la supervivencia del dibujo a mano alzada. La existencia de diferentes programas informáticos no debe justificar la falta de formación del alumno en croquis, y más concretamente del detalle constructivo.

Un caso claro, en la podemos comprobar la vehículo de expresión y diferentes elementos el campo de la campo.

En el trabajo de los aprecia un buen si el dibujo se presenta contrario de forma

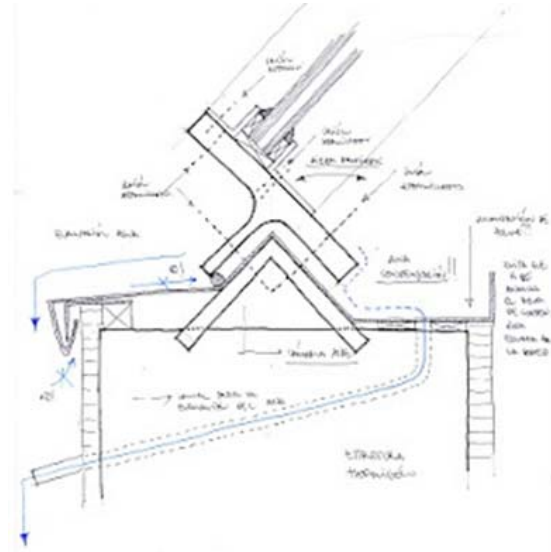


historia es el de Leonardo, en el importancia del dibujo como como medio de explicación de diseños y propuestas, ya no solo en construcción, sino en cualquier otro

maestros de la arquitectura se dominio del dibujo manual, da igual de forma muy elaborada o por el inmediata, rápida, casi casual. En todo caso el objetivo es comunicar algo que de otra forma sería prácticamente imposible.

Un común denominador entre los arquitectos de referencia es su dominio del dibujo, han llegado hasta nuestras manos muchos y muy buenos dibujos de la mayoría de ellos.

Es lo mismo que el dibujo se plantee como aclaración en obra o como estudio previo de apoyo al desarrollo del proyecto.



En el ejemplo que se adjunta Alvaro Siza presenta, un detalle con elaboración extrema, exquisita, donde se atiende al detalle en su más mínima composición.

En este caso queda clara la importancia del dibujo como medio de expresión formal, ya sea como aclaración de obra o como estudio previo al detalle de proyecto.

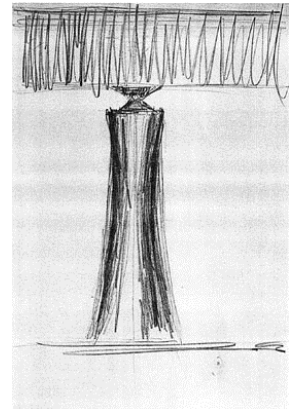
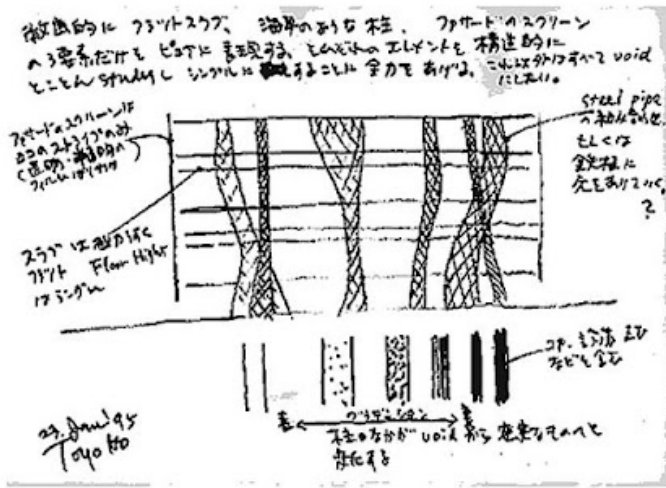
Análisis de detalle de lucernario, Escola Joao de Deus, Álvaro Siza

Mies van der Rohe, Croquis de los pilares del edificio administrativo de Ron Bacardí y Cía, Santiago de Cuba, 1957 (lápiz, 152x210 mm)

De otra forma, en este detalle de Mies Van der Rohe, queda clara la composición del pilar, sin necesidad de recurrir al detalle tan elaborado del caso anterior.

El fin perseguido es diferente, pero la

herramienta sirve igual, Mientras Siza busca la perfecta definición del elemento de obra, en este caso Mies busca más una intención sutil de estudiar la proporción y la forma



Estudio de las columnas de la Mediateca de Sendai Toyo Ito

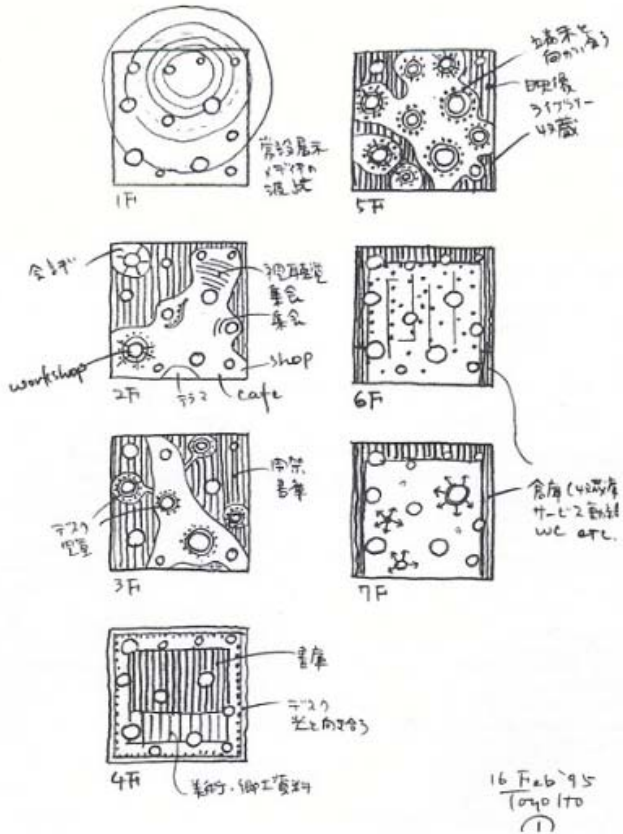
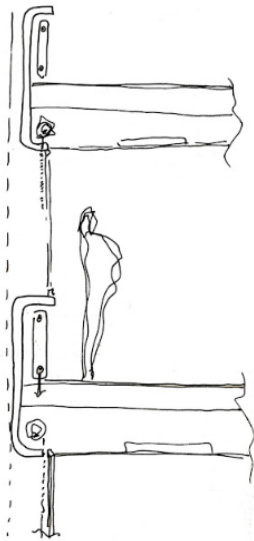
En este caso el arquitecto Toyo Ito plantea un estudio acerca de las columnas del edificio de la Mediateca de Sendai.



Si vemos la obra de la Mediateca de Sendai y la comparamos con estos croquis veremos de inmediato la capacidad del arquitecto para sintetizar la obra en dibujos realizados a mano.

Lo mismo ocurre al analizar las plantas donde otra vez el arquitecto Toyo Ito sintetiza los programas que luego desarrollará en el proyecto y posteriormente en la obra.

Estudio del programa de las plantas de la Mediateca de Sendai
Toyo Ito



Centro de Documentación del Patronato Juan de la Cierva
Miguel Fisac

Detalle de obra donde Miguel Fisac analiza una sección de la fachada, a pesar de ser un croquis de factura sencilla, no escatima en detalles, con gran economía de trazos queda clara la proporción, el antepecho, la climatización, la protección solar embutida en el forjado, etc.

Denota un gran dominio de la expresión a través del dibujo por parte del autor.

El croquis no tiene porque ser muy elaborado, puede denotar una aparente sencillez, pero cumple la misión de transmitir la idea claramente.

Después de lo expuesto, creo que ha quedado clara la importancia del croquis en la formación de los alumnos. Máxime teniendo en cuenta la importancia del dibujo a mano alzada en el ejercicio de la profesión.

Hay que vencer la atracción que el alumno siente por dibujar en el ordenador en lugar del más laborioso dibujo a mano, sobre todo en los primeros momentos, en los que el alumno se desalienta por los pobres resultados que a veces consigue, hasta desarrollar una cierta destreza en el dibujo.

Es lógica la atracción que el alumno siente por el dibujo en CAD, primero porque el lenguaje del ordenador al alumno actual le es cotidiano y familiar por estar generalizado su uso, ya no solo como herramienta de trabajo, sino también como modo de entretenimiento y segundo porque suple la habilidad del que dibuja y facilita el resultado. El problema es que se establece una tabla rasa a la hora de demostrar la calidad del dibujo, ya que esta queda disimulada por la uniformidad de programas y herramientas, y la automatización de los procesos.

No obstante no se puede obviar la necesidad del alumno, y también del profesional, de aprender el manejo de los diferentes programas de CAD, no se entendería un profesional que acabara sus estudios y no tuviera un manejo importante de los diferentes programas del entorno gráfico.

Mi propuesta de aprendizaje del dibujo en la Escuela de Ingeniería de Edificación se cimentaría en el dominio del dibujo de croquis del detalle arquitectónico, y posteriormente en el del dibujo en CAD.

No se debería plantear siquiera que un estudiante de nuestra escuela acabara la carrera sin un dominio claro de ambas herramientas, el dibujo a mano y el dibujo en CAD.

Incluso, aunque no entre los objetivos de esta ponencia, habría que plantear la necesidad del uso de programas más complejos, como los de 3D e incluso los programas de tratamiento de la imagen.



LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO TERRESTRE. TÉCNICA DE INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO

Francisco MAZA VÁZQUEZ
Antonio Miguel TRALLERO SANZ

Universidad de Alcalá
Departamento Arquitectura
Área de Expresión Gráfica Arquitectónica

La fotogrametría es la técnica que permite la obtención de las coordenadas de puntos concretos de un objeto en el espacio mediante su restitución a partir de un mínimo de dos imágenes perspectivas –fotogramas- de ese objeto. Un modelo fotogramétrico (fig. 1), lo constituyen un par de fotografías estereoscópicas de las que conocemos su posición y orientación relativa en el espacio.



Fig. 1. Modelo fotogramétrico que permite formar la imagen estereoscópica.

1020

Para poder determinar la posición de un punto de una fotografía con su imagen perspectiva, es necesario determinar y medir las diferencias que existen entre ambas, de tal modo que podamos establecer una correspondencia de esta última (la imagen fotográfica) con la primera (la proyección perspectiva). Las diferencias que existen entre ambas se obtienen mediante un proceso previo de medición y cálculo de la geometría concreta de la máquina fotográfica que se utiliza y se designa como calibración de la máquina fotográfica.

Para la obtención de estos datos es necesario introducir sobre el plano de la película (plano de proyección) un vidrio "ressau" sin distorsión que lleva grabado una retícula de cruces cuya separación ha sido calibrada previamente con gran precisión. Para mantener fijo y conocido el valor de la distancia del centro de la proyección al de la imagen fotográfica (plano de la proyección) se procede a mantener bloqueado el enfoque de estas máquinas en una o varias posiciones determinadas que deben ser conocidas al ejecutar las fotografías y que han sido calibradas previamente. Las imágenes fotogramétricas obtenidas aparecen sobrepuestas con esta retícula de cruces calibradas lo que permite determinar también la deformación sufrida por el negativo desde el momento de su ejecución al de su restitución.

La operación de medición -por el restituidor- de la posición de las cruces calibradas en cada uno de los negativos fotográficos se conoce como orientación interna. Definida la posición exacta de las cruces del vidrio "ressau" en cada uno de los negativos, el programa fotogramétrico recompone la geometría proyectiva específica de la máquina utilizada relacionándola con la deformación sufrida por el negativo antes de iniciar la restitución.

Para definir la posición del plano de la proyección, con respecto al objeto que se pretende restituir, se colocan sobre éste una serie de dianas topográficas (un mínimo de tres por cada par de fotogramas) cuya posición en un sistema de coordenadas único en el espacio debe ser determinado previamente por métodos topográficos. Solo existirá una solución que recompone la geometría de la máquina utilizada con los puntos del objeto (cuyas coordenadas hemos calculado) y con la posición de los puntos homólogos en su posición en los planos de proyección (par de fotogramas) de las tomas fotográficas realizadas. Esta operación, que debe realizarse también previamente a iniciar la restitución de un par fotogramétrico, se conoce como orientación exterior. Las coordenadas de estos puntos de apoyo topográfico permiten también dar escala y, situar en el espacio la restitución.

Una vez realizadas las operaciones de orientación interior y exterior de un par fotogramétrico, el restituidor habrá calculado y conocerá la geometría de las proyecciones que se pretenden restituir y, por tanto, podrá iniciarse el proceso de la restitución. Definida la posición de los puntos homólogos por el operador de restitución, el aparato de restitución fotogramétrico calcula las coordenadas (X, Y) de negativo de estos dos puntos

definidos y, a continuación, el programa informático de fotogrametría calcula -en tiempo real- las coordenadas (x, y, z) de la posición del punto de la intersección de los rayos proyectivos. Los dos fotogramas que se pretende restituir forman una imagen estereoscópica.

Es conocido que si obligamos a visualizar simultáneamente en cada ojo dos imágenes perspectivas de un mismo objeto, será posible visualizar una única imagen tridimensional del mismo. Esta única imagen tridimensional del objeto será la que permitirá realizar una restitución continua del mismo y señalar simultáneamente los puntos homólogos sobre el modelo estereoscópico fotogramétrico.

El resultado de la restitución es una maqueta analítica del modelo de la realidad formada por un número elevado de puntos del objeto de los que se obtienen sus coordenadas (x, y, z), que se registran en un programa de CAD. Es este programa el que permite transformar una base de datos analítica muy extensa en un modelo gráfico manipulable y que puede ser visualizado en pantalla o sobre soporte papel. Como consecuencia de este proceso, el modelo tridimensional es una nube de puntos en el espacio unidos por líneas rectas también en el espacio que designamos por "modelo de alambre".

El conjunto de fotogramas que es necesario realizar para obtener la restitución tridimensional de un modelo constituyen un registro y una documentación inestimable para preservar la situación de un monumento en un momento determinado. En efecto, una fotografía minuciosa acompañada de todos los datos topográficos y fotogramétricos complementarios, permitirá en el futuro, cuando parte del monumento haya desaparecido parcialmente -por la inevitable acción que provocará la restauración y el paso del tiempo- revisar la estructura desaparecida y recomponer su situación previa.

Los procesos de restitución fotogramétrica multiplican por 5 ó 10 la escala del negativo original, con lo que se pueden obtener dibujos a escalas de 1/50 y 1/25 para la estructura espacial.

La colección de fotogramas debe ir acompañada de las coordenadas de los puntos del apoyo topográfico realizado que permite situar en el espacio cada elemento a restituir mediante una malla de puntos, obtenidos con precisiones de +/- 5mm, algo perfectamente viable para puntos preseñalizados con dianas topográficas.

Desarrollo del trabajo de campo.

Para la realización del trabajo se aconseja seguir los siguientes pasos:

2.1.- Colocación de señales y dianas topográficas en el monumento (fig. 2), para la realización del apoyo topográfico de los pares fotogramétricos. Estas señales no son más que una diana que viene acompañada de un número para su identificación en todo el proceso del trabajo. Esta diana tiene el tamaño suficiente para poder reconocerse en las fotografías, aunque en el trabajo de orientación de los pares no pueda leerse el número desde el restituidor. Para reconocer este número, durante la colocación de estas marcas se realiza un pequeño croquis de identificación de la posición de cada uno de los números colocados o se sitúan sobre unas fotografías realizadas previamente. Estos puntos preseñalizados en el monumento deberán situarse en el espacio mediante el trabajo topográfico.



Fig. 2. Señalización de dianas topográficas



2.2.- Ejecución de los pares de fotografías estereoscópicas. Se realizan dos negativos fotográficos de cada toma, con diapositiva 6 x 6 cm. y con una máquina de fotos semimétrica, calibrada para fotogrametría. La distancia de las tomas puede verse condicionada por la posición de los muros a levantar. Se debe procurar que éstas sean menores de 10 metros, permitiendo así la restitución de detalle y con la definición suficiente para obtener planos a escala 1/25.

Todo el trabajo de toma de datos se registra en una serie de estadillos, con las anotaciones específicas sobre el desarrollo de la ejecución real de lo que se ha planificado. El registro de los pares y de los puntos de apoyo tiene una serie de claves -reflejadas en los croquis- que permiten posteriormente la identificación clara de cada par de fotogramas realizado.

Esta colección de pares de fotografías estereoscópicas permite recuperar una imagen tridimensional del estado que tienen los muros y catas con anterioridad a las obras de transformación que van a acometerse. Por este motivo, esta colección de fotogramas es un documento excepcional e irremplazable para conocer el estado del monumento antes de su restauración, lo que permitirá en el futuro disponer de un documento inestimable sobre el estado previo del mismo.

Para obtener una visión tridimensional de estas imágenes es necesario visualizar el par de fotogramas sobre una mesa de luz fotográfica con unas gafas de visión estereoscópica, lo que permite recrear una imagen tridimensional del objeto.

Los pares fotogramétricos y los datos métricos y topográficos, así como los de calibración de la máquina utilizada son un documento métrico de seguridad que ganará en valor e importancia con el paso del tiempo. La visión tridimensional que permiten estas fotografías y su condición fotogramétrica permitirá revisar una realidad que después de la rehabilitación prevista habrá desaparecido y que, en consecuencia, sólo podrá recrearse con este documento.



Fig. 3. Medición con Estación Total de dianas y puntos preseñalizados

2.3.- La topografía de los puntos preseñalizados. Realizada la preseñalización de los puntos, y las tomas fotográficas, se procede a ejecutar la medición topográfica de estos puntos (fig. 3). A partir de una poligonal de estaciones topográficas situada alrededor de los muros se visualizan todos los puntos preseñalizados (fig. 4) y se registran todos los datos topográficos necesarios para poder calcular sus coordenadas espaciales. Para su identificación posterior en los fotogramas, se debe presentar una colección de croquis donde se sitúan cada uno de estos puntos con su nombre y su posición relativa en los muros.

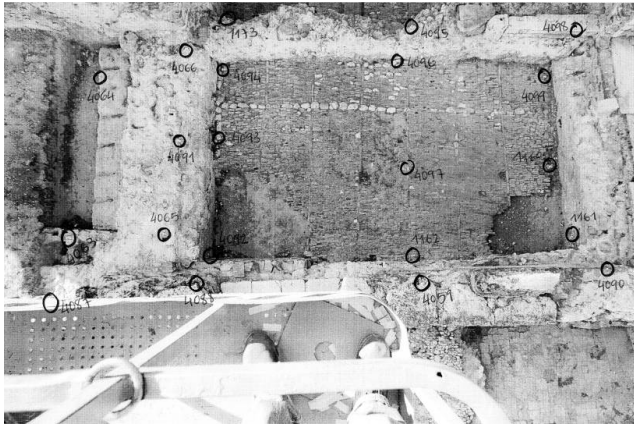


Fig. 4. Puntos identificables en la fachada a restituir

Contenido del trabajo de campo, cálculo y dibujo

El trabajo de campo que hay que realizar para la obtención de levantamiento del monumento por técnicas fotogramétricas, contiene el trabajo fotográfico realizado para la obtención de los pares fotogramétricos de la superficie a restituir y el trabajo topográfico necesario para obtener las coordenadas de los puntos de apoyo de estos fotogramas (figura 5).



Fig. 5. Monumento a levantar por técnicas fotogramétricas. Trabajo fotográfico y trabajo topográfico

El trabajo fotográfico consta de una **colección de diapositivas fotográficas** de los **pares de fotogramas estereoscópicos** realizados con una máquina de fotogrametría, con sus datos de calibración y todos los datos numéricos y croquis de campo que permiten su restitución estereoscópica. Cada par de fotogramas se identifica mediante una **ficha** donde se incluyen los datos específicos de la toma del par, su nombre, distancia al objeto, separación entre las fotos e identificación de la cámara y objetivo utilizado en la toma.

El trabajo topográfico se precisa para conseguir la orientación y escala de los pares fotogramétricos realizados. Con este fin se colocaron en el monumento una serie de dianas topográficas designadas con un número específico. Para la identificación de estas señales en los fotogramas se incluye una serie de croquis y fotos con el nombre y la posición de cada uno de puntos que participan en el trabajo. También se debe incluir como resultado del trabajo topográfico, tanto los datos de las lecturas efectuadas con el teodolito (ángulo horizontal, vertical y distancia), como las coordenadas (X, Y, Z) de los puntos medidos, obtenidas por cálculo de los datos anteriores.

Todos los datos recogidos en este documento convierten al trabajo fotogramétrico presentado en un auténtico documento métrico de seguridad pues permite en el futuro la revisión y estudio de estas estructuras.

Se deben obtener las coordenadas de los puntos de apoyo para su uso posterior en la orientación de los modelos fotogramétricos. El cálculo arrojará los errores en la determinación de los puntos, que no deberán ser superiores a 1 cm.

Sobre los equipos analíticos de restitución estereoscópica se orientarán los modelos, obteniéndose protocolos de cálculo con errores residuales medios que no deben sobrepasar tampoco el centímetro. Se hará entrega de esos protocolos para el control de calidad del levantamiento.



En esos mismos equipos se operará la restitución, trabajando directamente sobre el programa de CAD, de modo que todo el dibujo a obtener se hará en el ordenador directamente, comportándose a estos efectos el estereorestituidor como un equipo digitalizador en tres dimensiones.

El dibujo se estructurará en archivos, capas y bloques significativos, de modo que se facilite su manipulación para la obtención de planos de plantas, alzados, secciones y perspectivas de las construcciones.

Junto con los archivos de dibujo originales del trabajo realizado es aconsejable incluir también un archivo designado como Puntos.dwg 3D (figura 6), que recoge la representación en el espacio de todos los puntos de apoyo señalados y los correspondientes a las estaciones topográficas

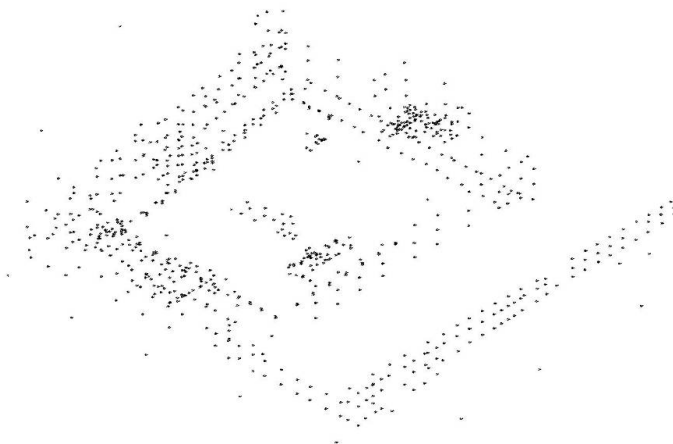


Fig. 6. Malla de puntos y dianas preseñalizadas en 3D.

Equipos utilizados.

Para la ejecución de la topografía, se puede utilizar una **Estación Total**, (fig. 7). La estación se conecta a una pequeña libreta taquimétrica electrónica, desde la que se vuelcan los datos en el ordenador para su proceso, lo que evita el apunte y tecleado de las lecturas, que siempre tiene riesgos de errores de bulto, luego imposibles de corregir. Para la localización de los puntos de estación anterior y posterior desde cada una de las mismas se usa un bastón de soporte del prisma.

Para realizar las tomas fotográficas se aconseja utilizar una **cámara calibrada para fotogrametría**, (fig. 8) de 38 mm de focal, dotada de retícula "ressau", de mínima distorsión y gran nitidez y resolución en el objetivo, de visión diagonal de 91° y con un factor de distorsión máxima de 0,3 %. Las fotos se tomarán en diapositiva color de 6x6 cm de tamaño y de 100 ASA de sensibilidad.

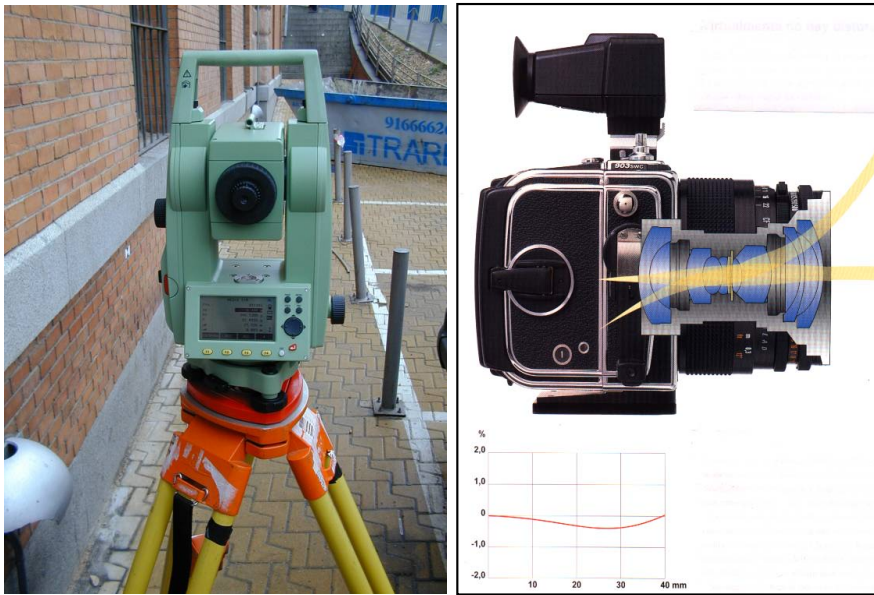


Fig. 7 y 8. Estación Total y cámara métrica, utilizadas en técnicas fotogramétricas

Resultado de la cartografía obtenida.

El resultado final del trabajo fotogramétrico es la cartografía en 2D y 3D de los muros y fachadas del edificio a levantar. En la restitución ejecutada se han de representar todos los elementos constructivos y decorativos visibles, los contornos de huecos, fisuras, zonas de degradación, etc.

La restitución fotogramétrica se puede realizar con un estereorestituidor analítico conectado a un ordenador personal, con un interfaz en tiempo real para el programa de dibujo CAD.

- El modelo tridimensional y vectorial obtenido con la restitución fotogramétrica realizada incluye la geometría real y deformada de las fachadas, con un nivel de detalle suficiente como para obtener una planimetría básica del mismo a una escala de representación de 1/25. El resultado del trabajo es una maqueta informática en tres dimensiones de un modelo vectorial que es una auténtica base de datos numérica de la realidad con expresión de las coordenadas de todos los puntos registrados durante la restitución fotogramétrica. Al ser este número de puntos muy elevado, en términos de memoria informática, provoca que estos modelos, durante los procesos de manipulación y obtención de vistas, sean difícilmente manejables sin la utilización de ordenadores muy potentes o estaciones de trabajo gráfico.

Por otro lado, el tipo de modelo de hilos que se consigue con líneas en el espacio es completamente transparente, lo que nos obliga a dividir cada uno de estos archivos en diferentes capas de dibujo.

Para conseguir representaciones del modelo a escalas diferentes y con distintos niveles de definición, es aconsejable separar en capas los diferentes tipos de línea que componen el modelo como arista, junta, fisura, pintura, etc. Esto nos permite aumentar la cantidad de información que incorpora el modelo según la escala de representación en la que se visualiza. Para la obtención de las representaciones de alzados, secciones y perspectivas, es necesario -ya que el modelo es transparente y no oculta líneas- desactivar las entidades que no aparecen en la vista concreta que estemos visualizando. Para ello clasificamos las líneas según las orientaciones de las caras del elemento representado. Esta fragmentación del modelo informático nos permitirá, insertando unos archivos en otros y activando las capas que consideremos necesarias, visualizar la zona del edificio sobre la que queremos trabajar, definiendo el detalle que consideremos adecuado a la escala de representación con la que vamos a trabajar

- Archivos de dibujo en modelos 3D: El resultado de los archivos obtenidos de la restitución son modelos tridimensionales, que se pueden dividir en fragmentos según los muros que representan.



Referencias bibliográficas

Almagro Gorbea, A.: *Estudios previos a la restauración de edificios*. Escuela de estudios árabes, Granada, 1990.

Gómez Molina, A.: *Fotogrametría*. Universidad Politécnica de Madrid. Servicio de Publicaciones. Madrid, 2002.

Cundari, C.: *Fotogrammetria architettonica*. Ed. Kappa, 1983.

Docci, M.: *Il rilevamento architettonico. Storia, metodi e disegno*, Bari, 1984.

Ibáñez Pastor, L.: *Puntos de apoyo*. U.P.M. E.U.I.T. Topográfica de Madrid, 1993.

Maza Vázquez, F., Da Casa Martín, F., López Viejo, J., Lorenzana Fernández, M. (2011): *Aplicación de La Topografía y la Fotogrametría a la intervención en el Patrimonio*. Ed. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alcalá, 2011.

Navarro Esteve, P. *Sobre la utilización del método fotogramétrico en levantamientos de edificios. Consideraciones acerca de su precisión y utilidad*. En AA.VV. Actas del III Congreso de Expresión Gráfica Arquitectónica. Valencia, 1990.

Prieto Pequeño, F.: *El conocimiento como base para el levantamiento planimétrico en las fachadas de los edificios de Madrid*. ESAT Universidad Camilo José Cela. EGA. 13 Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica, 2010.

APRENDER GEOMETRÍA APLICADA EN EL SIGLO XXI: REALIDAD Y CONTEXTO

Roberto NARVÁEZ RODRÍGUEZ
María AGUILAR ALEJANDRE

Universidad de Sevilla
Departamento de Ingeniería Gráfica

Abstract

Since the early nineties until these days, the amount of contributions about the benefits of CAD systems in the development of the Descriptive Geometry has significantly increased. The reasons why these innovations should be assumed have never been clearly expressed, and if they were, they were not understood at all. In any case, the current situation differs far away from the one in the nineties. Because of that the authors of this paper point out that a deep analysis and recapitulation of the current conditions on the subject should be made. This new frame pressurizes the traditional methods of learning descriptive geometry and justifies a necessary revision of the discipline itself, especially applied to the new undergraduate degrees courses. The goal of this paper is to study this situation from four different contexts, one of each presenting several requirements and expectations from the field of Descriptive Geometry in Bachelor degrees.

INTRODUCCIÓN

Desde principios de los noventa hasta nuestros días, las aportaciones realizadas sobre los avances producidos en Geometría Descriptiva debido al uso de los sistemas de CAD, han experimentado un notable crecimiento. Tanto la comunidad científica nacional como internacional, así como distintos grupos de profesionales y docentes han canalizado nuevos enfoques en este sentido que manifiestan un gran compromiso con la geometría aplicada a la arquitectura y la ingeniería del siglo XXI.

Sin embargo, y aunque dichas aportaciones han llegado a ser comúnmente aceptadas en congresos internacionales del área, todavía existen algunos países donde importantes grupos de profesores cuestionan la vinculación docente entre la geometría aplicada (geometría descriptiva) y los sistemas de CAD, especialmente en el espacio tridimensional. En estos casos, los docentes continúan enseñando geometría aplicada a la arquitectura y la ingeniería con los métodos tradicionales de Monge desarrollados hace más de dos siglos.

Quizás en algún momento determinado debieron darse explicaciones del porqué asumir dichas innovaciones. O si se dieron, quizás no tuvieron el suficiente calado. Y en cualquier caso, la situación actual es distinta a la de principios de los años noventa. Por este motivo, y antes de seguir aportando nuevas ideas en este sentido, los autores de esta comunicación piensan que es el momento de recapitular y analizar los factores que, en la actualidad, ejercen una presión evidente sobre los planteamientos convencionales de la geometría descriptiva y que justifican una profunda revisión de la disciplina, especialmente para los nuevos títulos de grado.

OBJETIVOS

Como primer paso, se propone un análisis del estado actual desde cuatro contextos distintos, cada uno de los cuales tiene demandas y expectativas sobre la geometría descriptiva en dichas titulaciones. En primer lugar, el contexto tecnológico, en constante cambio y ofreciendo nuevas posibilidades. En segundo lugar, las nuevas demandas y expectativas de la sociedad, el mercado laboral y las actuales necesidades del estudiante universitario. A continuación se analiza el Espacio Europeo de Educación superior con su nueva estructura de títulos. Y por último, pero no menos importante, las recientes muestras de sensibilidad internacional ante esta situación, especialmente en la geometría arquitectónica. Una vez realizado y expuesto el análisis, la pregunta que a modo de hipótesis se plantea es ¿responde la docencia actual de la geometría a las expectativas de estos contextos?

Finalmente se pretende analizar y comparar el concepto de representación utilizado por la representación convencional con el utilizado por los sistemas de CAD 3D. La intención es demostrar el potencial de éstos últimos como herramienta que puede responder a los nuevos requerimientos analizados inicialmente.



Nuestra integración en el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) conlleva una serie de cambios más allá de la mera adopción de un nuevo sistema de créditos (el ECTS-European Credit Transfer System). El alumno adquiere ahora un papel protagonista en el sistema educativo universitario, siendo necesario una revisión de las metodologías docentes para orientarlas hacia el aprendizaje y no hacia la docencia, como tradicionalmente ha ocurrido en la Universidad. Un aprendizaje que debe realizarse en un tiempo cuantificado (limitado) y controlado por la actividad docente para asegurar el éxito del sistema.

La enseñanza en las titulaciones de Grado debe plantearse orientada a la preparación para el ejercicio de actividades de carácter profesional (RD 1393/2007), teniendo en cuenta que las posibilidades de educación no terminan aquí. Esto también implica cambios en la forma de establecer los objetivos docentes para las titulaciones de grado, orientándose ahora hacia el aprendizaje para el desarrollo de competencias, más que a la acumulación de contenidos.

El uso generalizado por otra parte de nuevas tecnologías de la información y comunicación, no sólo proporciona una importante herramienta de apoyo en el desempeño de las actividades docentes para este nuevo enfoque, si no que en el caso de la Geometría Descriptiva (GD) significan un cambio conceptual que afecta a los planteamientos convencionales de la propia disciplina. Desde la aparición de los sistemas de CAD 3D, los procedimientos conceptuales de la GD para operar en el plano sobre elementos del espacio entran en crisis ante la posibilidad de trabajar directamente sobre representaciones gráficas tridimensionales en el espacio virtual proporcionado por estos sistemas.

La actitud actual del profesorado de GD, en el área de Expresión Gráfica Arquitectónica, respecto al uso de sistemas de CAD 3D en la docencia es diversa. En muchos casos se obvian, impartándose la docencia con los mismos procedimientos instaurados por Monge hace más de 200 años. En otros casos, aunque el alumno utilice estos procedimientos convencionales, el profesorado utiliza los sistemas de CAD 3D como una herramienta docente de apoyo para facilitar la visión espacial de los problemas planteados. Finalmente, en los últimos años están proliferando, aunque de manera dispersa y poco coordinada, nuevas experiencias en las que es el alumno, bajo la tutela del profesor, quién maneja el CAD 3D como herramienta de trabajo en la asignatura.

En este último sentido, en la actual Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universidad de Sevilla, se llevan realizando experiencias con el alumnado desde 1999, aunque oficialmente se implantara por primera vez en un solo subgrupo de prácticas y bajo el amparo de un proyecto de innovación docente en el curso 2002-03. Desde entonces, el número de grupos que utilizaran el CAD 3D como herramienta de trabajo del estudiante ha aumentado progresivamente en esta escuela hasta llegar a cuatro grupos completos (12 subgrupos de prácticas) en 2008-09.

Este propósito de análisis se piensa que es necesario, puesto que de las distintas experiencias llevadas a cabo en España en escuelas de Arquitectura, Arquitectura Técnica e Ingeniería de Edificación podría decirse que: son aisladas, relativamente recientes, surgen habitualmente de inquietudes por parte de profesores o grupos de profesores que no tienen mucho más contacto que el de los congresos bianuales donde se comparten ciertas experiencias, y por último, y quizás lo más importante, es que debido a la novedad de estas propuestas no existe un modelo sistematizado de referencia como ocurre con el modelo de Monge para la Geometría Descriptiva convencional. La pertinencia de la investigación llevada a cabo en este trabajo se justifica principalmente desde cuatro ámbitos, que en la práctica se relacionan entre sí y que en conjunto producen una situación de tensión en la docencia de la GD dentro de las nuevas titulaciones de grado en el Área de Expresión Gráfica Arquitectónica.

Estos ámbitos son: el contexto tecnológico y la crisis metodológica que éste ha producido en la GD, el contexto social y personal de la actividad universitaria actual, el nuevo contexto académico o institucional al que se le exigen nuevas metodologías para nuestra integración en el EEES y el contexto internacional el cual debe ser conocido y asimilado por cualquier profesional con aspiraciones e inquietudes.

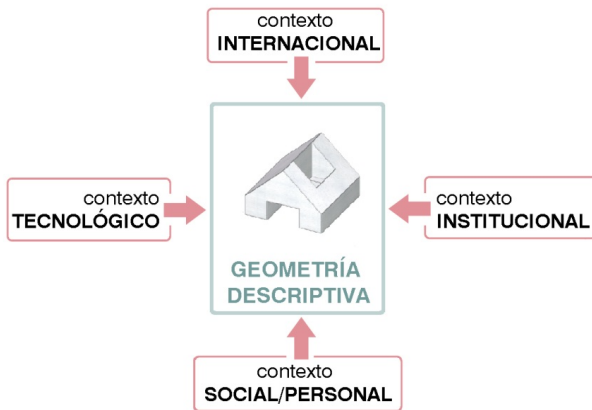


Fig 1. Ámbitos de presión sobre la GD en titulaciones de grado. 2012. Elaboración propia.

CONTEXTO TECNOLÓGICO Y CRISIS METODOLÓGICA

La Geometría Descriptiva existe como forma de conocimiento desde la antigüedad, pero fue Gaspar Monge quien la instauró como ciencia, sistematizando los procedimientos para la representación y el estudio del espacio.

Sin embargo, desde la aparición de nuevas tecnologías informáticas y los sistemas de C.A.D. en la década de los 50 se produce una revolución en las herramientas y los resultados de la representación técnica.

Para analizar las presiones que las nuevas tecnologías ejercen sobre la GD, y su enseñanza-aprendizaje, conviene distinguir entre distintas etapas en la evolución de los sistemas de CAD.

Sistemas de CAD 2D

El uso de la representación plana (2D) ha sido la base para la materialización de las operaciones propias de la GD desde su instauración como ciencia. Así se ha mantenido casi hasta la actualidad como única forma de expresión gráfica y de hecho, aún hoy se siguen considerando los dibujos planos como material imprescindible en la definición de los proyectos de ingeniería o arquitectura, ya sea para su comunicación entre técnicos que intervienen en el proceso o para su definición ante clientes y otras entidades públicas o privadas.

En este sentido la aparición de los sistemas de CAD 2D no significan ningún cambio en los procedimientos propios de la geometría descriptiva, puesto que el ordenador se usa como una herramienta de representación gráfica bidimensional.

Ahora bien, las ventajas que estos sistemas aportan en cuanto a precisión, eficiencia, flexibilidad y tratamiento de la información, ponen en crisis la instrumentación tradicional para la representación, tanto en el ámbito profesional, donde no se duda en acogerse a las ventajas de los nuevos métodos, como en el ámbito académico, donde aún hoy, inexplicablemente, nos seguimos planteando la conveniencia o no de estas tecnologías para la formación del técnico, que tendrá que usarlas inevitablemente en el desarrollo de su vida profesional.

Sistemas de CAD 3D

Aunque el objeto de la GD es representar, estudiar y operar de manera exacta con elementos tridimensionales, esta ciencia asume desde sus inicios la representación plana como medio para su materialización. La elección de este medio está indudablemente ligada a la tecnología que existía para la representación gráfica, tanto en aquella época, como en otras miles de años atrás, que consistía en el dibujo sobre un plano.

El uso del dibujo plano para la representación del espacio condicionó totalmente a la ciencia a la hora de establecer sus procedimientos, tanto conceptuales como materiales. En este sentido la aparición de los sistemas de CAD 3D (de finales de la década de los 70) significan, no sólo un avance instrumental, sino una revolución conceptual que afecta a los procedimientos propios de la disciplina.

Sin embargo, y aunque cada vez hay más iniciativas, en el mundo académico aún no se ha llegado a una implantación generalizada para el estudio de la Geometría en las titulaciones técnicas en España, utilizándose



todavía en muchos casos métodos de hace más de 200 años.

Sistemas de CAD 4D

Los sistemas de CAD 4D empezaron a desarrollarse a mediados de los años 80 (Kahan & Madrid, 1987) y consisten en la combinación modelos de CAD 3D con información constructiva y temporal de un proyecto.

Suponen una alternativa a las herramientas convencionales de planificación y programación de obra, llegando conformar un nuevo sistema para la gestión integral del proceso constructivo. Utiliza un interface visual que es inteligible por todos los agentes intervinientes, ya sea técnicos o no, permitiendo una comunicación fluida en cada momento del proceso y evitando errores de interpretación.

Estudios sobre la aplicación de estos sistemas han demostrado que la gestión de proyectos usando modelos 4D tienen mayor probabilidad de asignar los recursos (p.e. diseño temporal, revisiones con el promotor, actividades de gestión...) de una forma más eficiente que aquellos que no usan modelos 4D (Issa et al, 2003).

Es previsible que esta nueva forma de concebir la gestión de los procesos constructivos se implante poco a poco en el mercado y llegue a ser una herramienta habitual en nuestro ámbito profesional. Precisamente en los últimos años se está asistiendo al boom de los sistemas BIM (Building Information Modelling), que en definitiva es la generalización del CAD 4D y que, en vista de la evolución de la oferta de software, se puede producir próximamente una revolución que afectaría a todas las áreas de la Edificación. Pero la base de estas herramientas es el modelo gráfico 3D, razón por la cual los estudiantes actuales deben adquirir las competencias, desde el fundamento geométrico, para la generación de estos modelos.

CONTEXTO SOCIAL Y PERSONAL

En este contexto se incluyen las demandas de la sociedad a las que tiene que responder la Universidad, así como la situación personal del alumnado desde su posición intermedia entre ambos contextos, el social y el institucional (universitario).

En la actualidad, el alumnado tiene una gran importancia en el concepto educativo universitario, prueba de ello es el hecho de que se haya convertido en el elemento de referencia en la confección del ECTS, y por consiguiente, en la pieza alrededor de la cual debe articularse la docencia.

El marco de incidencia social que condiciona al alumno viene en parte definido por el mundo del empleo. El alumno universitario está en la mayoría de los casos interesado en su formación con una intención clara de incorporarse al mercado laboral, por lo que sus expectativas sobre la docencia se centran en gran parte en la obtención de competencias para resolver las cuestiones propias de la profesión demandadas por la sociedad.

Desde la GD es importante analizar la situación del alumnado que afronta la asignatura, para intentar llegar a un punto de acuerdo entre sus expectativas y el planteamiento docente que se le ofrece. Cuando este acuerdo no se produce, aparecen una serie de connotaciones negativas que perjudican claramente a la docencia y que, entre otros, pueden traducirse en los siguientes síntomas:

Alto grado de abandono en la asignatura, que provoca que el número de aptos en función de los matriculados sea notablemente escaso.

Desinterés en el aprendizaje de la asignatura, encontrándose la única motivación en el aprobado de la misma.

Interés por el aprendizaje de la asignatura, pero incapacidad de seguir su desarrollo, en muchos casos propiciados por una descoordinación entre la formación secundaria y las exigencias de partida de la asignatura.

Para que no se produzcan estos síntomas de fracaso en la docencia de la GD, es necesario mirar al exterior de la Universidad para contextualizar a la disciplina en el mundo profesional, analizando las competencias necesarias y las herramientas y procedimientos utilizados en la actualidad, en aras de acercarse lo máximo posible al punto de acuerdo deseado.

CONTEXTO INSTITUCIONAL

El Espacio Europeo de Educación Superior (EEES)

No cabe duda que el proceso educativo posee una complejidad inherente. Además de los factores internos y particulares de la persona que aprende (sujeto), existen multitud de factores externos a la persona que condicionan el proceso de una manera ineludible (contexto).

El contexto institucional español que regula este proceso se encuentra actualmente inmerso en la adaptación de nuestro Sistema Universitario al EEES, lo que supone la incorporación de nuevos conceptos a la docencia que demandan un importante cambio conceptual respecto a la tradición universitaria establecida.

Para empezar se establece una nueva estructura de las enseñanzas universitarias oficiales, distinguiéndose entre las de Grado, Máster y Doctorado, cuyas finalidades quedan especificadas en la normativa (RD 1393/2007), correspondiente del Ministerio de Educación y Ciencia. En dicha normativa se incide en que las enseñanzas de Grado habrán de orientarse a preparar al estudiante para la actividad profesional, las de Máster se han de centrar en la especialización profesional y/o el inicio de la actividad investigadora, finalizando con los estudios de Doctorado dirigidos a la formación avanzada del estudiante en técnicas de investigación.

Como se puede apreciar, la educación universitaria no termina en la titulación de grado, y ésta se orienta al ejercicio profesional, por lo que los requerimientos docentes para las enseñanzas de grado no son exactamente los mismos que para las titulaciones de primer y segundo ciclo del antiguo sistema.

La docencia de la GD debe tener en cuenta estos requerimientos y replantearse desde una revisión profunda los contenidos realmente necesarios para el ejercicio de la profesión, reservándose el resto de contenidos para las titulaciones de postgrado.

El Sistema Europeo de Transferencia y Acumulación de Créditos (ECTS)

Mientras que el sistema LRU se basa en las horas de docencia, teórica o práctica, impartidas por el profesor, el ECTS propone que el crédito europeo se defina como la unidad de valoración de la actividad académica en la que se integran las enseñanzas teóricas y prácticas, así como otras actividades académicas dirigidas y el volumen de trabajo que el estudiante debe realizar para alcanzar los objetivos educativos.

La diferencia con respecto al crédito LRU es notable, el profesor debe planificar y cuantificar ahora todo el trabajo que el estudiante debe realizar en el desarrollo de la asignatura, ya sea presencial o no presencial.

Este trabajo tiene una limitación temporal establecida por el número de créditos de la asignatura, y es importante destacar que en esta es una de las claves del éxito de implantación del nuevo sistema. Éxito académico, que por otra parte debe estar garantizado si el alumno sigue realmente la programación de la asignatura, por lo que el aprendizaje pasa a ser también responsabilidad del profesorado, y no sólo del alumno.

Desde la GD, al igual que desde el resto de asignaturas, debe revisarse si realmente las tareas necesarias para superar la asignatura cumplen con la limitación temporal establecida por el número de créditos asignados. Tarea que evidentemente no es fácil, y que es posible que lleve más de un curso académico para ajustar los tiempos medios necesitados por el estudiante.

Aprendizaje basado en competencias

Con el cambio de la unidad de medida del haber académico, el elemento de referencia ya no es la enseñanza impartida por el profesor, sino el aprendizaje alcanzado por el alumno. Un aprendizaje que debe encaminarse a unos objetivos que, como se vio anteriormente, para las titulaciones de grado es la preparación para el ejercicio de actividades de carácter profesional.

En respuesta a las necesidades de este aprendizaje vinculado a la actividad profesional surge en el concepto de aprendizaje basado en competencias. En este modelo de formación los contenidos pasan a un segundo plano, lo que implica otro importante cambio con respecto a nuestra tradición docente. Se hace necesario realizar una reordenación conceptual del currículo en búsqueda de nuevas metodologías que favorezcan una posición activa del estudiante para la adquisición de competencias.



CONTEXTO INTERNACIONAL

Por último, y no menos importante, aparece el contexto internacional, el cual ya ha asumido los sistemas de CAD 3D como una herramienta indiscutible para el estudio de la geometría aplicada a la ingeniería y la arquitectura. Prueba de ello son publicaciones como *Architectural Geometry* (Pottman 2007) o los congresos bianuales titulados *Advances in Architectural Geometry (2008)*, donde se proponen, discuten y publican los últimos avances en esta materia.

En este sentido, es importante destacar dos cuestiones, la primera es que a dichas reuniones acuden representantes de estudios y oficinas de arquitectura e ingeniería de reconocido prestigio con la intención de dar a conocer nuevos hallazgos sobre geometría aplicada. Si analizamos la mayoría de aportaciones, se puede concluir rápidamente que no es que los sistemas de CAD 3D sean una herramienta importante en estos trabajos, sino que no podrían haberse llevado a cabo sin la existencia de los mismos.

La segunda cuestión es que si queremos formar a un estudiante en el seno de un "Espacio Europeo", éste, como futuro profesional, no puede permanecer ajeno a los avances que en su ámbito se están produciendo, es más, ha de conocerlos y participar en ellos.

GEOMETRÍA DESCRIPTIVA. CIENCIA Y COMETIDO

Aunque el cometido de la GD es representar, estudiar y operar gráficamente y de manera exacta con objetos tridimensionales, esta ciencia asume la expresión gráfica plana como único medio disponible para su materialización en el momento histórico de su sistematización por Monge. Por lo tanto, la representación plana en la GD debe considerarse como un procedimiento para alcanzar su cometido, procedimiento que, como en todas las ciencias, podrá sustituirse por otros que, permitan alcanzar los resultados de una manera más objetiva y eficiente.

El ordenador y los sistemas de CAD 3D, proporcionan ahora un espacio virtual en el que se pueden realizar representaciones gráficas tridimensionales sin necesidad de vincular nuestra tarea a procedimientos de geometría plana, facilitando enormemente la visualización, el estudio y las operaciones, que pueden realizarse directamente sobre la geometría del espacio, adquiriendo el proceso una potencialidad y fluidez inalcanzable por los procedimientos convencionales.

Tanto el cometido último de la ciencia como su uso en las titulaciones técnicas para el desarrollo de la visión o pensamiento espacial, no sólo no cambian con estos nuevos procedimientos, sino que se amplían las posibilidades de estudio, a nuevas formas geométricas de una complejidad prácticamente inalcanzable mediante los procedimientos tradicionales de representación plana.

La generación de modelos geométricos tridimensionales está totalmente implantada y aceptada en el mundo profesional, no sólo utilizada como un fin en sí mismo, sino como base para otras actuaciones como son el cálculo de estructuras arquitectónicas, las mediciones, la comunicación con personas ajenas a la formación técnica, etc. Es en el ámbito de la docencia universitaria donde todavía se debate sobre su uso como herramienta para el aprendizaje de la GD.

REPRESENTACIÓN TÉCNICA Y CAD 3D

La Geometría Descriptiva se ha considerado tradicionalmente como la gramática del lenguaje gráfico utilizado para la representación técnica, siendo la ciencia reguladora de los procedimientos necesarios para la obtención de resultados precisos y objetivos en el estudio de cuerpos tridimensionales, atendiendo por tanto a la magnitud y forma exacta de los mismos.

Proceso conceptual de representación

El lenguaje gráfico utilizado en la representación técnica de objetos tridimensionales se basa en los conceptos abstractos de puntos, líneas y superficies. Lo representado es una abstracción geométrica e iconográfica del elemento objeto de representación, por existir una fuerte relación de parecido entre ambos conceptos (representación y objeto representado).

Esto implica la necesidad de un método propio que permita realizar la conversión objeto-representación en cada proceso representativo. Este método o camino a recorrer podría describirse con el modelo expuesto en la Figura 2.

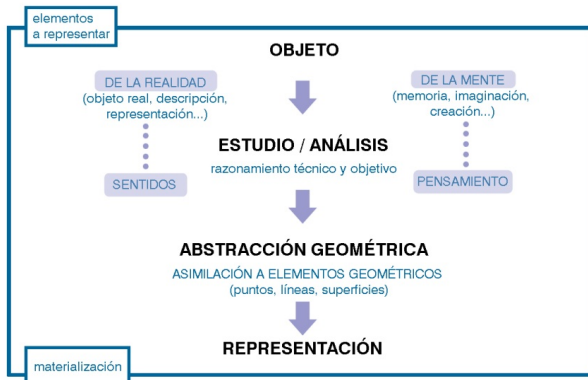


Fig.2 Modelo de análisis del proceso conceptual de representación. 2012. Elaboración propia.

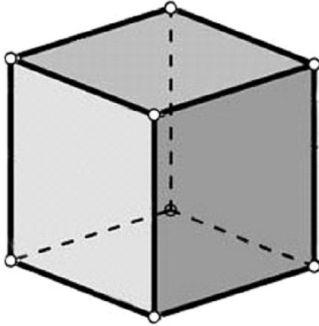
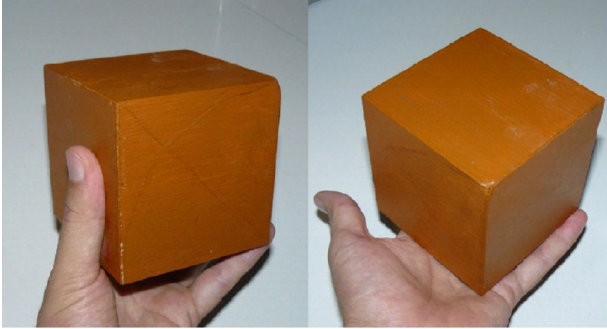
Este modelo es común a todo proceso de representación técnica, independientemente de la herramienta, procedimiento o técnica que se emplee para en la última fase del mismo, esto es la materialización de la representación. De hecho, siguiendo el mismo modelo, la representación podría materializarse mediante una expresión matemática, un dibujo plano, un modelo digital tridimensional, etc.

La materialización de la representación será una u otra en función de las herramientas y materiales disponibles en el momento histórico, del objetivo perseguido, etc. En la actualidad, aún se combinan dos formas gráficas de materialización de los resultados: el formato convencional del papel y el formato digital, pudiendo ser este en 2, 3 o incluso 4 dimensiones.

Como ejemplo sencillo que ilustre este proceso conceptual podemos recurrir a la representación de un dado de madera (Figura 3), siguiendo los pasos descritos:

- En primer lugar se estudia el objeto, que puesto que es real, puede explorarse a través de los sentidos.
- En segundo lugar se analiza su forma para identificar sus partes con elementos geométricos abstractos que se adecuen la más ajustadamente a la realidad.
- Por último se sustituyen los elementos materiales analizados que componen el dado, por elementos geométricos; las esquinas o vértices del mismo serán puntos, los bordes o aristas serán líneas rectas y las caras serán superficies planas de forma cuadrada. Sustituiremos el dado (elemento real) por un cubo (forma geométrica ideal).





Abstracción geométrica:

- vértices = puntos
- aristas = rectas
- caras = planos

Fig 3. Ejemplo de abstracción geométrica. 2012. Elaboración propia.

Materialización convencional de la representación

Una vez generado mentalmente el modelo geométrico ideal, la materialización que se realiza desde la GD convencional se lleva a cabo con la tecnología propia de la época, es decir, el dibujo plano sobre papel, pizarra, tablero, etc.

Ante la necesidad de representar sobre un elemento bidimensional (el plano) elementos tridimensionales, se hace uso de un nuevo procedimiento conceptual, la proyección, que realice la conversión tridimensional-bidimensional del objeto de representación (Figura 4).

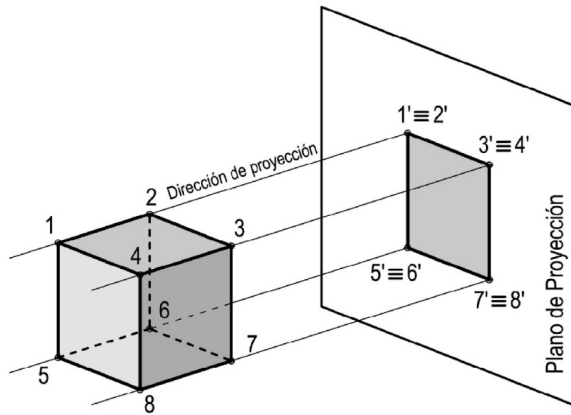


Fig 4. Proyección plana del modelo tridimensional. 2012. Elaboración propia.

Para determinar la proyección de un objeto la Geometría Descriptiva se vale de las operaciones básicas de la Geometría Projectiva, proyectar y cortar. Pudiéndose utilizar diversos tipos de proyección en función de la finalidad de la representación.

Pero cuando un elemento se proyecta sobre un plano, se producen dos modificaciones sustanciales que se deben resolver si queremos restituir la representación para obtener el elemento real: una es la pérdida de la tercera dimensión y otra es la alteración de las dimensiones (de distancias, de ángulos, de posición...) producida en el proceso de proyección.

Para resolver estos problemas la GD se ve obligada a crear una serie de reglas y procedimientos conformando así lo que se conoce como Sistemas de Representación o Proyección, utilizándose varias proyecciones planas que, en su conjunto, proporcionen toda la información de la geometría espacial del objeto representado (Figura 5).

Una vez obtenida la representación plana, el resultado puede usarse como medio de comunicación gráfica con los demás, pero si se quiere extraer información geométrica, estudiar, manipular o modificar el objeto, de nuevo se hace necesario establecer procedimientos que, a través de la geometría plana, permitan estas operaciones.

El resultado de todo el proceso tiene un nivel de abstracción tal, que se requiere una importante formación especializada para ser capaz de entender y operar con este lenguaje cada vez que el sujeto se enfrenta a la representación. Una formación que está totalmente justificada cuando no existe otra tecnología más que la del dibujo plano.

Materialización de la representación en el CAD 3D

Una vez generado mentalmente el modelo geométrico ideal, la materialización que se realiza en los sistemas de CAD 3D consiste en construir gráfica y directamente el modelo geométrico espacial. Para ello, estos sistemas proporcionan un espacio virtual de trabajo donde poder llevar a cabo este procedimiento, que se concreta finalmente en un modelo geométrico digital (Figura 6).

El modelo geométrico digital contiene todas las características geométricas espaciales del objeto de representación por lo que, sin más operaciones, puede ser utilizado para la comunicación gráfica con los demás.

Si se quiere extraer información geométrica, estudiar, manipular o modificar el objeto, todo ello se puede hacer sobre el modelo digital tridimensional generado, sin que sea necesario establecer procedimientos de geometría plana para realizar operaciones.



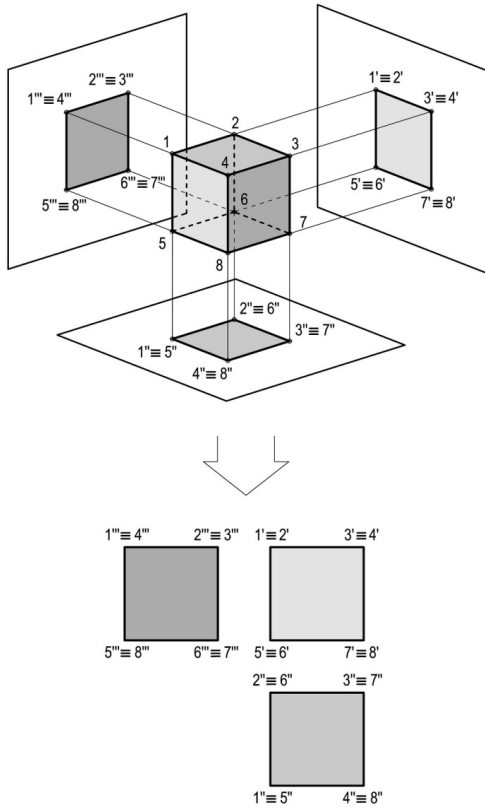


Figura 5. Sistema de Proyección y representación plana final del objeto. 2012. Elaboración propia.

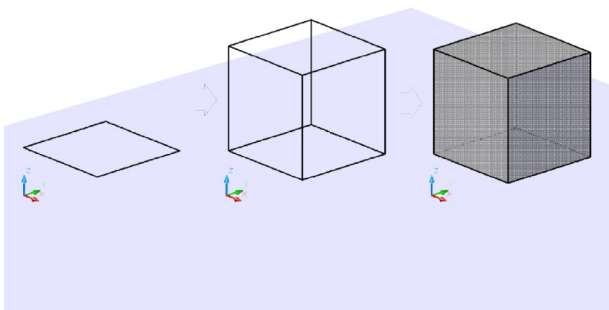


Fig 6 Generación y resultado del modelo geométrico digital (elaboración propia).

El resultado es una representación mucho más figurativa de la realidad, que no requiere una formación especializada para entenderla, aunque sí es necesaria una formación en el conocimiento de la Geometría del Espacio para su generación y posterior operación sobre el modelo. Formación que también es necesaria en la representación plana convencional, añadida a los procedimientos de geometría plana propios de cada Sistema de Representación o Proyección.

Los sistemas de CAD 3D ofrecen además la posibilidad de expresar de forma automática el resultado en cualquiera de los Sistemas de Representación plana convencional, sin necesidad de conocer más que las características y el concepto de representación de cada sistema.

CONCLUSIONES

El cometido último de la Geometría Descriptiva está vinculado a los objetos y cuerpos tridimensionales. El uso de la representación en dos dimensiones como procedimiento para llevar a cabo su cometido, responde a una situación coyuntural del momento histórico en el que se instauró como ciencia y a la tecnología para la representación existente en dicho momento.

El uso de sistemas de CAD 3D como herramienta procedimental para la Geometría Descriptiva, no sólo no modifica su cometido último, sino que amplía las posibilidades de la ciencia para abordar el estudio de nuevos campos prácticamente inalcanzables desde sus procedimientos convencionales.

Los sistemas de CAD 3D como herramienta de materialización de la representación técnica, proporcionan la ventaja de ser independientes a los procedimientos de geometría plana propios y necesarios para cada uno de los Sistemas de Representación convencionales. Además, permiten expresar de forma automatizada el resultado en cualquiera de los Sistemas de Representación convencionales más usados en el ámbito técnico.

El aprendizaje basado en los Sistemas de Representación convencionales requiere una importante inversión de tiempo para los procedimientos propios de cada sistema, que los sistemas de CAD 3D no requieren, puesto que el modelo tridimensional es único y se opera sobre él de la misma forma, independientemente del sistema final elegido para su expresión plana.

El ahorro de tiempo para el aprendizaje de la Geometría con el uso de los sistemas de CAD 3D, permite cumplir con los límites temporales establecidos por el ECTS, e incluso avanzar en conceptos y competencias de aplicación directa a al ámbito profesional, que la docencia convencional no permitiría incluir en su programación temporal.

Referencias bibliográficas

AAVV 2008 *Advances in Architectural Geometry*. Conference Proceedings AAG0. Vienna, Austria.

AAVV 2007 Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales.

Chen, DM 2000 'Application of 3D CAD for Basic Geometric Elements in Descriptive Geometry'. *Engineering Design Graphic Journal*, no.64, pp.10-17.

Croft, FM 1998 'The need (?) for descriptive geometry in a world of 3-D modeling'. *Engineering Design Graphic Journal*, vol. 3, no. 62, pp.4-8.

Issa, RRA et al 2003 *4D CAD and Visualization in Construction: Developments and Applications*. A. A. Balkema Publishers, University of Florida, Gainesville, USA.

Pottmann, H. et al 2007 *Architectural Geometry*. Bentley Institute Press, Exton (Pennsylvania).

Ryan, DL 1992 *CAD/CAE descriptive geometry*. CRC Press, Boca Ratón (Florida).

Standiford, K, Standiford, D 2000 *Descriptive geometry: an integrated approach using AutoCAD*. Delmar, Clifton Park (New York).



EXPERIENCIA DOCENTE EN LA EXPRESIÓN DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO (Presentaciones Interactivas de Modelos)

Juan Carlos RODRÍGUEZ COBO

Universidad de Granada
E.T.S. Ingeniería de Edificación
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería

Abstract

In this article I develop my experiences above teaching the mate expression of project. Learning the graphic expression of the building project we understand it as a comprehensive knowledge and intense, based on a draft published for your interest, in a way that allows the development part of the study of the building or visiting the city easier, allowing his visit and data collection in site. According to the case we documented by consulting books, journals, magazines or the Internet network, or arrange a visit to it if you are in town or field trip to where to locate the project study.

From the most outstanding works of previous courses, and performed by students who are doing their training to race under my guidance, after selection, organization and drawing up a presentation in an interactive way of these results represent a summary of what best of each project and sent to the architect and author of the work in question. Precisely this is what will show and develop communication and / or paper.

Key words: Graphic expression; Physical models; Poster; Basic Project; Execution Project; Interactive presentation.

Proyecto de innovación docente relacionado con el aprendizaje y conocimiento de la expresión gráfica: "Presentación de modo interactivo de los mejores trabajos de cada proyecto estudiado"

Introducción

En esta comunicación se pretende exponer las experiencias y las actividades realizadas en la enseñanza de la asignatura de Grado de Expresión Gráfica del Proyecto de Edificación, que se imparte este curso por primera vez en Granada. Los profesores que la impartimos, llevamos ya desde el curso 2005-2006, aplicando un sistema de enseñanza como la que se promulga en el marco del Plan Bolonia. Durante 6 años hemos testado en la asignatura de Dibujo de Detalles de Arquitectura Técnica estas premisas, de tal modo que ante el nuevo Grado ya estamos rodados y podemos aplicar estas enseñanzas directamente con la ventaja de tener una larga experiencia previa que nos permite aplicar las mejoras que nos han ido surgiendo por su puesta en marcha.

También, se quiere mostrar el trabajo realizado por alumnos de Prácticas Fin de Carrera, en el que con la base de los mejores trabajos de otros cursos y la información obtenida; mediante una presentación informática, interactiva con audio para visualizar el aspecto que se desee analizar.

Objetivos

El aprendizaje de la expresión gráfica del proyecto de edificación lo entendemos como un conocimiento integral e intenso, basado en un Proyecto publicado por su interés, de un modo parcial que permita el desarrollo del estudio del edificio, o bien, de fácil visita en la ciudad, a partir de la cual se realice una toma de datos in situ. Será un proyecto a desarrollar en el cuatrimestre del que tendremos información suficiente, imágenes y datos constructivos; que deberemos respetar pero libremente podremos modificar de un modo justificado. El objetivo final será estudiar y realizar los planos del proyecto básico y de ejecución del edificio de un modo riguroso pero con libertad, y presentar todo el trabajo de un modo uniforme en equipos de trabajo.

Contenido

Una vez propuesto el edificio a estudiar que puede o no estar en la ciudad, se agrupan los alumnos en equipos para todo el cuatrimestre. Según el caso nos documentamos mediante consulta de libros, publicaciones, revistas o la red de internet, o bien organizamos una visita al mismo si está en la ciudad o viaje de prácticas al lugar donde se localice el proyecto a estudiar.

Agrupados en grupos de 2 o 3 alumnos, se realiza una intensa búsqueda de toda la información concerniente al proyecto: arquitecto autor, técnicos implicados, tecnología, normativa, autor fotografías obra, internet, publicaciones, etc., a nivel individual. Posteriormente se recoge la información de cada alumno y se recopila la información de todo el alumnado, eliminando las repeticiones y seleccionando todo lo interesante. Esta recopilación se distribuye a todos los grupos de alumnos para que se parta con el mismo grado de información. A partir de este momento cada grupo podrá completar los datos que estime oportunos y necesite para realizar su trabajo.

Contacto con el autor del proyecto para recabar y completar información del proyecto básico y de ejecución, y esta información se filtra en todo o en parte a los estudiantes en el momento adecuado al desarrollo del trabajo.

Diferenciamos las distintas fases de trabajo: en programación, desarrollo, defensa y contenido; cada una de las cuales tiene unos criterios de valoración diferentes y mediante una hoja de cálculo obtenemos la calificación final en base a un porcentaje diferente para cada una de las fases.

La primera fase es la programación, una vez conocido por los alumnos los trabajos a realizar, el tiempo de que disponen y las fechas fijas de las entregas que se solicitan, ellos tendrán que programar e intentar avanzar en las actividades que van a realizar, cómo se reparten y distribuyen el trabajo, la temporalización por semanas y horas de trabajo y presentarlas por correo electrónico o impreso. Se insiste en que sean realistas en cuanto a la programación, ya que la segunda fase de desarrollo se valora si el trabajo es acorde a lo programado.

Los grupos podrán alterar o interpretar algunos aspectos del edificio, siempre que no altere la coherencia del proyecto.

Cada grupo de trabajo deberá prestar especial atención al diseño de sus trabajos, tipo de formato, información y contenido en un CD o DVD compendio de todo su trabajo, programar y el trabajo a realizar por cada miembro en el tiempo disponible, información recibida y diferenciar entre información consultada y la utilizada. Defender el trabajo mediante presentaciones informatizadas, paneles, maquetas realizadas. Incluso componer un cartel intencionado sobre el edificio seleccionado.

También se está atento a cualquier acontecimiento relacionado con la expresión gráfica que tenga lugar en Granada: exposiciones, conferencias, o bien se proyectan vídeos sobre obras singulares. A partir de los cuales tendrán que hacer un breve comentario y reflexión personal.

Paralelamente se implica a arquitectos destacados y organizan visitas a alguno de sus edificios de Granada, como son:

- Sede de Caja Rural. Eduardo Jiménez Artacho
- Sede Caja Granada y Museo de la Memoria de Andalucía. Alberto Campo Baeza
- Centro de Desarrollo Farmacéutico y Alimentario del Campus de la Salud. Ramón Fernández-Alonso Borrajo
- Edificio BIC en Campus Salud. Rafael Soler Márquez y Francisco Martínez Manso
- Ampliación del Parque de las Ciencias de Granada. Carlos Ferrater Lambardi y Jiménez-Brasa
- Centro Infantil La Encina en el Chaparral (Albolote). Alejandro Muñoz Miranda



Fig 1. Visita a centro infantil La Encina, El Chaparral (Granada). 2011. Juan Carlos Rodríguez Cobo.

A partir de los trabajos más destacados de cursos anteriores, y realizado por aquellos alumnos que realizan sus prácticas fin de carrera bajo mi tutela, tras la selección, y organización se confecciona una presentación de un modo interactivo de estos resultados que suponen el resumen de lo mejor de cada proyecto y se le envía al arquitecto autor de la obra en cuestión. Precisamente esto es lo que mostraremos y desarrollaremos en la comunicación y/o ponencia. En la presentación se comienza con una muestra de las imágenes reales del edificio y del autor o autores del proyecto y se pasa a una diapositiva en la que vienen reflejados diferentes aspectos como: plantas, alzados, secciones, volumetría, carteles, maquetas, cimentación, estructura, cubierta, escalera, carpintería, secciones constructivas... Pinchando en cada epígrafe se pueden ver los más destacados trabajos de cada elemento, pudiendo actuar de un modo interactivo, saliendo en cualquier momento, avanzando directamente al final o a la diapositiva de inicio. Todo esto se desarrolla con un audio continuo de fondo que se intenta guarde relación con cada proyecto.





Fig 2. Índice de presentación interactiva de Casa Hakuei, Osaka (Japón). Curso 08/09. Candela Marín Serrano

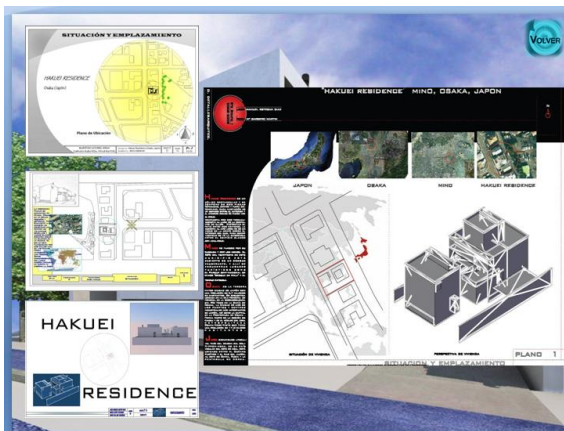


Fig 3. Diapositiva de plano de situación y emplazamiento de Casa Hakuei, Osaka (Japón). Curso 08/09. Candela Marín Serrano



Fig 4. Diapositiva de maquetas de Casa Hakuei, Osaka (Japón). Curso 08/09. Candela Marín Serrano

Obras de arquitectura estudiadas los tres últimos cursos de las que se han realizado su presentación interactiva tras seleccionar los trabajos más destacados de los alumnos:

- CASA MILHUNDOS, FCO. PORTUGAL E GOMÉS (Visita con autor de proyecto a Peñafiel)
- CASA FÉLIX&ANA, ESTUDIO MOMO en Molina de Segura (Murcia)
- CASA L'AMPURDA, IVÁN LLACH Y RAQUEL COLLACIOS
- CASA FROZALLI EN ROCALLISA (IBIZA), JORDI RODRIGUEZ CARREÑO Y ANA OLMOS (Presencia y conferencia de los autores del proyecto en aula y comentario de maquetas físicas de los alumnos)
- CENTRO INFANTIL LA ENCINA DEL CHAPARRAL, ALEJANDRO MUÑOZ MIRANDA (Presencia y conferencia del autor del proyecto en aula y comentario de carteles y maquetas físicas de los alumnos)
- CASA HAKUEI, AKIRA SAKAMOTO, en Mino (Osaka)
- CASA EN DAZAIFU, HIROYUKI ARIMA
- CASA PAÇO, JOAO ALVARO DA ROCHA, en Carreço (Viana do Castelo)
- CASA EN TOSSA DE MAR, RAFAEL MARTÍNEZ SAGASTI



Fig 5. Casa Félix&Ana, Molina de Segura (Murcia). 2002. David Frutos



Fig 6. Casa Roca Llisa, Ibiza. 2010. Revista Arquitectura y Diseño n°116

Conferencias organizadas para toda la Escuela impartidas tras visita previa realizada a una de sus obras de interés en Granada o su entorno, impartidas por los arquitectos autores de los proyectos:

- Eduardo Jiménez-Artacho, Sede Caja Rural de Granada.
- Ramón Fernández-Alonso Borrajo, Centro Biomédico Campus de la Salud.
- Alejandro Muñoz Miranda, Centro Infantil La Encina del Chaparral.



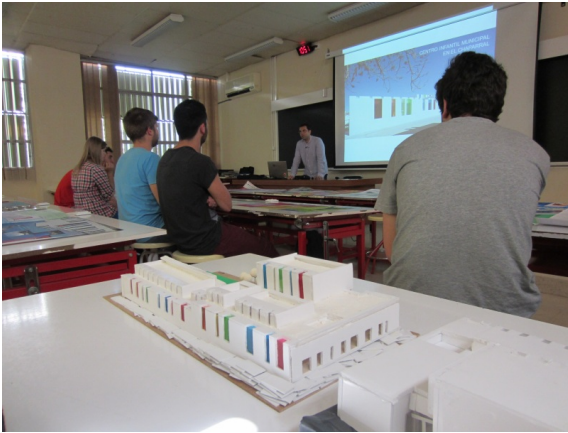


Fig 7. Conferencia de arquitecto Alejandro Muñoz Miranda, E.T.S. Ingeniería Edificación (Granada). 2012. Juan Carlos Rodríguez Cobo.

Conclusiones

Creo personalmente, que el compendio que obtenemos de los edificios estudiados mediante la presentación interactiva es altamente satisfactorio. Así lo han comentado los autores de proyectos a los que le he enviado la presentación interactiva de su obra. Y puede ser de interés la visualización en el Congreso APEGA de estos trabajos.

En cuanto al resultado académico del alumnado en esta materia es excelente, trabajan de un modo intenso, en equipo, pero llegan a comprender y estudiar de un modo global el proyecto; además para ellos resulta muy interesante confrontar sus opiniones cuando nos visita el arquitecto autor del proyecto. Es fundamental para ellos comprender la esencia de cada proyecto. Por eso se intenta hacer coincidir la entrega de maquetas físicas y/o carteles con la presencia en aula del arquitecto, hecho este no siempre factible.

1042



Fig 8. Exposición de carteles de alumnos, E.T.S. Ingeniería Edificación (Granada). 2012. Juan Carlos Rodríguez Cobo.

EL MAPA EN EL ESPEJO. UNA PROPUESTA PARA AMPLIAR (Y MEJORAR) LA DOCENCIA GRÁFICA TRADICIONAL

Concepción RODRIGUEZ MORENO

Universidad de Granada
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería

Abstract

Gombrich (1982) coined the paradigmatic terms of 'map' and 'mirror' to refer to both poles which graphical representation evolves towards. The first ones are conceptual images provided with a high degree of abstraction and codification. The second ones are figurative images, which facilitate the recognition of reality across the descriptions of the natural and visual appearance of the represented objects.

Traditional teaching of the Graphical Expression has been normally directed to the paradigm of 'map'. Habitual justification given to it is that a 'map', unlike a 'mirror', offers information of an object without ambiguity.

ETSAG has included EGA 3 as a second course obligatory subject which uses computer as its fundamental tool. It follows a fundamentally 'mirror' guideline which has been very useful in order to improve the spatial compression of our students and to help them to better understand the codifications and the architectural abstractions of the 'maps'.

Introducción

El historiador del arte Ernst Gombrich, en su texto *Mirror and Map* (1982), acuñó los términos de paradigma del 'mapa' y del 'espejo' para referirse a los dos polos hacia los que ha evolucionado la representación gráfica. Las primeras son imágenes conceptuales, dotadas de un alto grado de abstracción y codificación, que exigen un control racional y lógico de la forma. Las segundas son imágenes figurativas, que facilitan el reconocimiento de la realidad a través de la descripción de las apariencias naturales y visuales de los objetos representados.

Según recogen Montes y Jiménez (2001, p.67) este autor defiende que, para entender y analizar el valor y significados de cada uno de los distintos modos de representación utilizados a lo largo de la historia, es necesario estudiar 'los fines, los requerimientos, o las funciones sociales o culturales que han debido cumplir cada una de estas imágenes', afirmando que 'en la representación gráfica es perfectamente legítimo utilizar la máxima funcionalista 'la forma siempre sigue a la función'.

A lo largo de su historia particular, la representación gráfica de la arquitectura ha tenido que adaptarse a nuevos requerimientos. Ha ido mutando, seleccionando y utilizando los mejores recursos disponibles, y abandonando aquellos otros que, aunque utilizados en otros momentos, resultaban ineficaces para la consecución de determinados objetivos.

Hoy, nuestra cultura es eminentemente visual y está supeditada al poder de la imagen. Se presta más atención a la iconografía (apariciencia) de un proyecto que a su grafía (abstracción). El 'espejo' despierta más interés que el 'mapa'. Y es que aunque los arquitectos han intentado siempre visualizar y explicar cómo se experimentaría el espacio que estaban diseñando recurriendo a diferentes estrategias como maquetas, bocetos, croquis, etc., ninguno de estos procedimientos logra acercarse a las posibilidades de recreación de la realidad que permiten las técnicas digitales actuales.

Bajo la presión de los cambios tecnológicos, la revisión de la función del arquitecto y los recientes cambios en los planes de estudio en nuestras Universidades debemos plantearnos preguntas como: ¿Qué formación gráfica precisan los arquitectos hoy, en la era de la información y de la imagen? ¿Qué destrezas, actitudes y aptitudes gráficas son prioritarias? (Otxotorena, 2007). Como docentes, debemos articular respuestas solventes, pero también ser capaces de aprovechar las oportunidades derivadas de la incorporación de nuevos medios expresivos.

Antecedentes: el cambio tecnológico, perceptible en nuestras Escuelas

Es obvio que el dibujo digital y la infografía se han impuesto de tal manera que han transformado radicalmente la forma de trabajo del arquitecto. El ordenador es una ayuda eficiente y un instrumento de enormes posibilidades, eficaz, rápido, preciso, insustituible para ciertas tareas y de indiscutible presencia en el medio gráfico. Esta circunstancia se percibe en nuestras Escuelas.



Un claro ejemplo son los Proyectos Fin de Carrera, en los que se supone deben sintetizarse los conocimientos y habilidades proyectivas y gráficas aprendidas durante la carrera. Es interesante observar que, pese a que los alumnos han cursado varias asignaturas gráficas obligatorias en las que se fomenta el dibujo a mano como forma de reflexión, ideación y representación gráfica de la arquitectura, recurren en sus proyectos finales al dibujo arquitectónico digital de forma casi exclusiva, exhibiendo en muchos casos un gran dominio de habilidades y técnicas gráficas, mostrando imágenes 'espectaculares' (en el sentido peyorativo del término), pero demostrando también que no siempre existe un pensamiento gráfico igualmente consistente.

Los profesores de Expresión Gráfica somos en gran parte culpables de tan poco deseable situación. Puesto que es realmente difícil enseñar a empezar operaciones productoras, en demasiadas ocasiones centramos nuestras enseñanzas en adiestrar el acabado, porque 'lo acabado tiene el aura del producto que responde a la solución de una tarea que, por estar acabada, se supone bien definida de antemano' (Seguí de la Riva, 2010).

Por otro lado, asistimos impertérritos a 'la condición excepcionalmente precaria de un espacio docente e intelectual que ve cómo la historia le pasa por encima sin ninguna misericordia; una condición cuyo reconocimiento tampoco constituiría, en tal caso, un mal punto de partida' (Otxotorena, 2006). La informática gráfica ha supuesto un cambio de jerarquía en las prioridades de los arquitectos y una re-conceptualización del marco de la discusión disciplinar. Es evidente que nos llevamos enfrentando desde hace tiempo a un nuevo escenario gráfico inherente al mundo cultural de los jóvenes arquitectos, pero la mayor parte del profesorado de disciplinas gráficas aún no controlamos las nuevas herramientas, ni nos hemos adaptado a una nueva forma de pensar el espacio arquitectónico y representarlo. No nos hemos 'actualizado', no hemos sido capaces de articular metodologías y teorías que vinculen los sistemas de producción digitales y analógicos.

Aunque indudablemente no es fácil incorporar ni encauzar estas tendencias en la enseñanza reglada, tenemos que afrontar el reto tecnológico y considerar las potentes herramientas que este reto nos ofrece en la planificación docente del área de conocimiento de Expresión Gráfica.

La renovación de los planes de estudios con motivo del Espacio Europeo de Educación Superior ha sido una buena ocasión para revisar la docencia existente, desechar caminos obsoletos y proponer nuevas fórmulas. En el caso de la Escuela de Arquitectura de Granada algo se ha avanzado. Se ha comenzado a impartir obligatoriamente, en segundo curso del nuevo Grado, la asignatura EGA 3, en la que se acude a la ideación gráfica tridimensional para mejorar la comprensión espacial de los alumnos, a los recursos foto-realistas para incluir percepciones sensibles en las representaciones gráficas y a la realización de animaciones para mejorar la capacidad comunicativa de las mismas.

Objetivos: Ideación espacial, dibujo y representación.

Las asignaturas de Expresión Gráfica se mueven dentro de distintos niveles de dibujo de concepción y representación de la idea o el objeto arquitectónico, que de manera no excluyente, capacitan al alumno para comunicarse en el lenguaje de la arquitectura y multiplican sus posibilidades expresivas.

Sin embargo, previa a esa concepción y representación, debe existir en la mente del creador una imagen primigenia, claramente tridimensional en el caso de la arquitectura. Esa imagen requiere de una capacidad que no suele ser innata, sino que precisa de entrenamiento y maduración mental que permitan al creador no sólo situar espacialmente cualquier elemento, sino conocer además la proyección más adecuada para su representación. Que un alumno sea capaz de 'ver el espacio' a partir de las dos dimensiones del papel es algo que puede conseguirse con mucho tiempo de ensayo, pero con la constricción que para nuestras asignaturas ha supuesto el nuevo Plan de Estudios 2010, tiempo no nos sobra precisamente. Es preciso buscar estrategias de enseñanza más eficaces.

Por otro lado, es también muy difícil idear lo que no se sabe dibujar. Los proyectos de nuestros alumnos están restringidos a su capacidad expresiva y, normalmente, sus herramientas de representación gráfica son muy limitadas, especialmente en lo que se refiere a morfologías complejas. Por ello, las asignaturas de Expresión Gráfica Arquitectónica aparecen como tareas de conocimiento propedéuticas, concentradas al inicio de la carrera, como habilidades con aprendizaje previo al hacer propiamente arquitectónico y, por eso, la producción continua de representaciones por cualquier medio visual activo juega un papel fundamental en el desarrollo de las destrezas de ideación de los arquitectos en formación.

En relación con la primera de las consideraciones expuestas, nuestra asignatura EGA 3 se entiende como una forma de trasvase de la realidad tridimensional a la bidimensional del papel y viceversa. En este sentido, la posibilidad de descomposición (y composición) analítica de la percepción visual en sus componentes básicos – puntos, planos, volúmenes– que los programas de modelado tridimensional ofrecen a nuestros alumnos son un magnífico medio para aprender a estructurar el cerebro conforme a las tres dimensiones del espacio.

En segundo lugar, con ella se pretende no sólo aportar a nuestros estudiantes de segundo año la posibilidad instrumental de comunicar y presentar ideas a través de un ordenador, sino también desarrollar en ellos, casi desde el primer momento de su ingreso en la Escuela de Arquitectura, su capacidad de ideación gráfica digital, incluyendo factores perceptivos esenciales y difícilmente transmitibles por los sistemas de representación tradicionales, como la aplicación de texturas, color y especialmente luz, artificial o incluso solar, pudiendo considerar además las distintas situaciones en función de las estaciones (Carazo, 2011).

Metodología: ¿Primero hacer y luego pensar?

La primera etapa en el aprendizaje de la Expresión Gráfica Arquitectónica debe estar dominada por la adquisición de las herramientas y convenciones básicas, porque como señala Javier Seguí (2010, p. 39) 'se supone que cuando se ha aprendido a terminar se comienza a tener conciencia del proceso'.

En fases tan primigenias de la formación, es didácticamente más rentable comenzar por la imitación de arquitecturas ya existentes, evitando así esfuerzos inútiles y experiencias creativas frustrantes. Por eso propusimos a nuestros estudiantes que escogiesen entre los ciento setenta proyectos diferentes de viviendas unifamiliares que pusimos a su disposición (un proyecto-un alumno) para desarrollar un único ejercicio durante el cuatrimestre en que se impartiría la asignatura.

Puesto que pensamos que el aprendizaje se produce más eficazmente si se contextualiza en una necesidad cognitiva y expresiva que si se reduce a una mera habilitación técnica, les expusimos que la entrega final del trabajo consistiría en que cada alumno, valiéndose de las herramientas y medios gráficos que íbamos a enseñarle en las clases de teoría, fuese capaz de 'narrar' la vivienda a sus compañeros. No se trataba simplemente de hacer por hacer, sino enfocar la acción hacia algo un poco más concreto. No les pedíamos copiar mecánicamente la documentación que les facilitamos (planimetrías y fotografías) sino interpretarla, resolver las imprecisiones y comunicar, de la forma que consideraran más adecuada, la experiencia arquitectónica que su edificio les había suscitado. Con esta propuesta pretendíamos que no se limitasen sólo a presentar planimetrías o renders técnicamente perfectos que reprodujesen la arquitectura que les servía como ejemplo de sus modelos virtuales, sino que se animasen a incluir otros elementos perceptivos en sus 'relatos'.

Nos pareció muy importante hacer hincapié sobre la posibilidad de incluir el movimiento y el tiempo empleado en recorrer la arquitectura representada. En la línea de lo que apuntaba Bruno Zevi (1991, p. 24), 'la experiencia de la arquitectura es la experiencia visual dinámica de la espacialidad y para representarla integralmente tendrían que hacerse un sinnúmero de perspectivas desde infinitos puntos de vista'. Así, además de teoría y metodología para el modelado tridimensional de arquitectura con 3D Studio, iniciamos a nuestros alumnos en la utilización de software libre que les permitiese la libre exploración en tiempo real del modelo virtual elaborado o la fácil realización de animaciones de video, investigando el proceso de exportación y ejecución más rápido y sencillo, para potenciar la inclusión de los mismos en sus trabajos finales.

Resultados: Incremento de las posibilidades de ideación y representación de los alumnos

Dato 1: el 60% de los alumnos que iniciaron el curso no había usado jamás un programa de diseño asistido por ordenador. El porcentaje se elevaba hasta el 90% en caso de programas de modelado tridimensional y al 100% en la realización de animaciones virtuales y modelos dinámicos.

Dato 2: en la convocatoria ordinaria de Febrero, el 80 % de los alumnos que entregaron el trabajo final de la asignatura la superó. (Un 60 % de los alumnos matriculados) [fig.1 a fig. 4]

La mayor dificultad en el desarrollo de la asignatura se presentó al principio de la misma, precisamente cuando los alumnos debían 'leer' las planimetrías bidimensionales que les habíamos proporcionado. Sin embargo, una vez comenzaron a trabajar con su modelo volumétrico virtual fueron muy pocas las preguntas relacionadas con la comprensión espacial del edificio.

La mayor parte de los alumnos adquirió rápidamente las destrezas de modelización, texturización e iluminación de los elementos arquitectónicos y comenzó a aparecer en algunos de ellos la inquietud por encontrar la representación más original, expresiva y adecuada de los espacios significativos de su edificio. Trabajaron duro en la elección de texturas, iluminación natural y artificial, elementos contextuales y de escala, etc. hasta que consideraron que las imágenes podían transmitir la carga perceptiva que deseaban.

La mayor sorpresa llegó con las animaciones. Además de dominio técnico, algunos alumnos demostraron haber explorado diversos recursos narrativos, propios de un medio de expresión temporal. Entendieron por sí mismos que las animaciones no tenían por qué ser únicamente recorridos por el interior del edificio, sino medios de transmisión de una experiencia espacial concreta, o animaciones del proceso constructivo o del asoleamiento durante el día. Comenzaron a

ser



conscientes de otros factores que definen arquitectura.



Fig 1. Casa Garey (Gwathmey, Siergel y asociados). Vista del entorno desde la piscina. Imagen de Ana Rodríguez Aguilera, alumna de EGA3. ETSAG (Curso 2011-2012)

1046

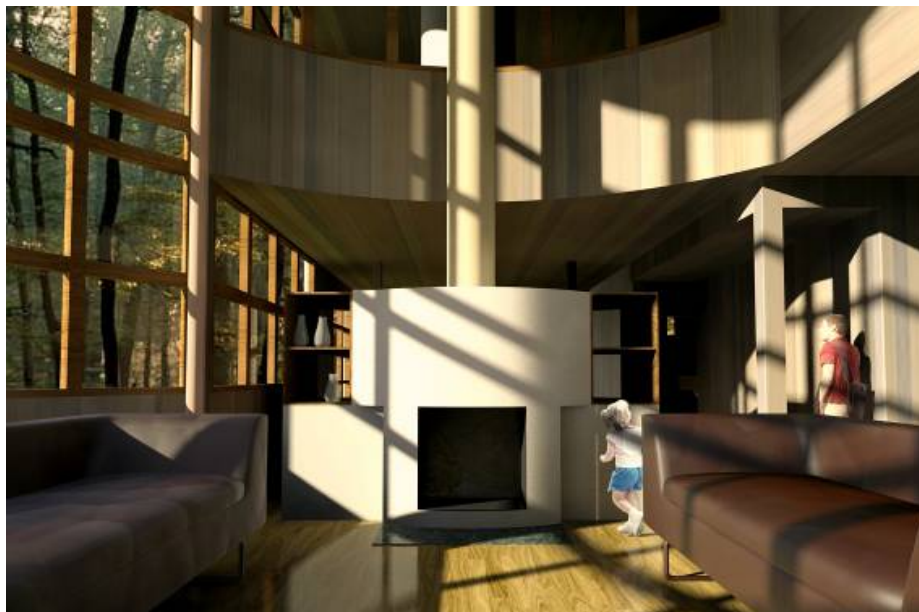


Fig 2. Casa Garey. (Gwathmey, Siergel y asociados). Vista del espacio a doble altura del salón. Imagen de Ana Rodríguez Aguilera, alumna de EGA3. ETSAG (Curso 2011-2012)



Fig 3. Casa Cuello (Arzubialde y asociados). Vista Axonométrica de el sistema estructural de la cubierta. Imagen de Francisco Torres Rico, alumno de EGA3. ETSAG (Curso 2011-2012)

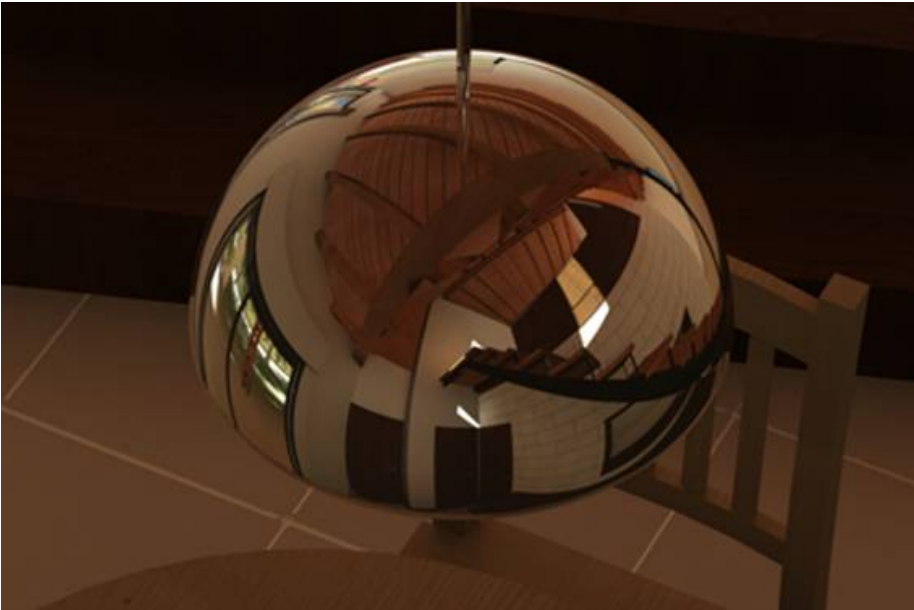


Fig 4. Casa Cuello (Arzubialde y asociados). Reflejo del interior en una lámpara. Imagen de Francisco Torres Rico, alumno de EGA3. ETSAG (Curso 2011-2012)



Ante estos fantásticos resultados, que superaron nuestras expectativas, hoy pensamos que incluir ciertos debates sobre la naturaleza ontológica de las películas realizadas, de su estructura gráfico-narrativa, su capacidad de exploración de las emociones humanas, es el rol de la cámara y su importancia en la comunicación de la vivencia de un lugar, etc. quizá debiera ser un paso más en nuestro planteamiento docente del próximo curso.

Discusión:

Hasta ahora, se asumía como canónica la siguiente secuencia gráfica en el proceso generador del proyecto de arquitectura:

1. *Boceto o esbozo*, correlativo a las labores iniciales de la ideación
2. *Croquis*, dedicado a la elaboración de los esquemas germinales del proyecto
3. *Proyecciones planas*, centradas en la definición y medida del artefacto arquitectónico
4. *Perspectivas y maquetas*, útiles a efectos de comprobación y demostración

Esta secuencia ha sido siempre, con pequeñas variantes, el hilo conductor de nuestra acción pedagógica. Como vemos, salvo raras excepciones, las tecnologías informáticas de modelación se han asociado a la cuarta fase de la secuencia, relacionándolas con la precisión y con la expresión de unos resultados. Quizá sea el momento de revisarla y preguntarse por la posibilidad de que encontremos en el ordenador (complejo, acabado, perfecto) un vehículo para nuestra ideación gráfica (personal, versátil, maleable y dócil) ¿Es el lenguaje informático apto para procesar imágenes vagas y en movimiento, sometidas a procesos de continua transformación? ¿Puede servirnos para tramitar evocaciones y sugerencias?

Los que somos emigrantes digitales aún no estamos tan habituados al lenguaje de la pantalla como para encontrar en el ratón un arma gráfica tan capaz como el lápiz para expresar nuestro 'pensamiento gráfico arquitectónico', pero necesitamos encontrar una alternativa a nuestra obsesión, quizá heredada de la mesa de dibujo, por las formas prefijadas. Nuestros alumnos han superado el proceso iniciático a lo digital que nosotros vivimos. Nos encontramos ante una arquitectura digital de segunda generación, que quizá sea capaz de encontrar, también en el ordenador, formas de reaccionar con suficiente rapidez a los movimientos de la imaginación y también estimularla.

La teoría de la evolución nos ha enseñado algo en forma clara: el mejor método para adaptarse a los nuevos desafíos es contar con una diversidad de recursos, habilidades, conocimientos y técnicas.

Pensamos que la habitual reticencia hacia la incorporación de estas tecnologías en la docencia reglada se ha debido a que hasta ahora ha habido muy poca enseñanza de los procedimientos y conceptos necesarios para negociar la interfase entre los medios análogos y digitales (Bermúdez, 1998). Los estudiantes son generalmente dejados a su suerte para descubrir tales conexiones. Esto lamentablemente genera utilizaciones y entendimientos superficiales, esfuerzos inútiles y experiencias frustrantes en el medio de un ambiente que cuenta con un gran potencial productivo, exploratorio, teórico y pedagógico.

Si nos atrevemos a colaborar con la informática en el proceso inicial, nuestros estímulos serán mayores y los resultados distintos. La formación del arquitecto va mucho allá de los instrumentos con los que puede expresar su proyecto.

Conclusiones

No se trata de proponer una doctrina o defender posiciones tecnofílicas o tecnofóbicas, se trata simplemente de admitir una nueva realidad y unos nuevos requerimientos, adoptar una actitud inclusiva y no dialéctica, investigar sobre las posibilidades y potencialidades de estas tecnologías sobre las demandas específicas de la arquitectura. Pensar que sólo son efectos superficiales o un mero medio de comunicación visual en términos de publicidad, audiencia o imagen ha servido bastante poco en el desarrollo de nuevas estrategias de trabajo que integren las nuevas capacidades de la tecnología digital en la práctica del diseño.

Como ya señalaba Stan Allen (1995, p. 44), "no podemos "quedarnos fuera" de la tecnología. Toda crítica debe desarrollarse necesariamente desde dentro. Lo que se necesita es pasar a estar tan profundamente familiarizado con la tecnología que sea posible ir más allá de la retórica, tanto a favor como en contra".

Referencias bibliográficas

- ALLEN, S 1995, "Velocidades terminales: el ordenador en el estudio del diseño", *La digitalización toma el mando*. Ed. Gustavo Gili. Barcelona, pp. 39-59.
- BERMUDEZ, J 1998, "Producción Arquitectónica Híbrida: entre el medio digital y el análogo", II Seminario Iberoamericano de Gráfica Digital (Sigradj), Universidad Nacional de Mar de Plata (Argentina), pp. 56-65.
- CARAZO LEFORT, E 2011, "Maqueta o modelo digital. La pervivencia de un sistema", *Revista EGA*, nº 17, pp. 30-41.
- GOMBRICH, E.H 1982, "Mirror and Map: Theories of Pictorial Representation", *The Image and the Eye*, Ed. Phaidon, Oxford.
- MONTES, C, JIMENEZ, I 2001, "El espejo y el mapa. Algunas ideas del profesor E.H. Gombrich sobre la representación urbana", *Rilievo e forma urbana. Il disegno della città*, Ed. Celid, Turín, pp. 67-72.
- OTXOTORENA, J. M 2006, "A vueltas con los ordenadores y el dibujo en arquitectura: 10 preguntas de ida y vuelta", *Actas del XI Congreso Internacional de expresión Gráfica Arquitectónica*. Universidad de Sevilla, Sevilla, pp. 211-218.
- OTXOTORENA, J. M 2007, "Dibujo y proyecto en el panorama de la arquitectura contemporánea. Impacto e influjo de los nuevos procedimientos gráficos", *Revista EGA*, nº 12, pp. 60-73.
- SEGUI DE LA RIVA, J 2010, *Ser dibujo*. Texto docente de la ETSAM, Madrid.
- ZEVI, B 1991, *Saber ver la Arquitectura*. Ed. Poseidón, Barcelona.



PROPUESTA DOCENTE PARA ANÁLISIS DE FORMAS ARQUITECTÓNICAS: CONCEPTUALIZACIÓN A PARTIR DE LOS MOVIMIENTOS ARTÍSTICOS DEL S. XX

Juan SERRA LLUCH
Manuel GIMÉNEZ RIBERA

Universidad Politécnica de Valencia
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica

ABSTRACT

We present the results of a teaching program for the subject *Architectural Shapping Analysis of the Architectural Graphic Expression Department* in the *Polytechnic University of Valencia*, in the context of the last educational curriculum of 2010, in common with the rest of the European countries.

Following with actual teaching program by Professor Ángela García Codoñer, we want to indicate a more explicit connection between the concepts that a student analyzes in a building and the graphic expression tools to do so, with those architectural tendencies during the XXth Century which paid more attention onto these concepts and means of expression. We take into account the classification of architectural shapes done by the architect J. M. Montaner.

These aspects are all of them already covered in the course, but in this way would perhaps be better conceptualized and would allow the students to deepen in further development.

INTRODUCCIÓN

Presentamos los resultados de una de una propuesta docente para la asignatura de *Análisis de Formas Arquitectónicas* del *Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica de la Universidad Politécnica de Valencia*, en el contexto de su reciente incorporación al plan de estudios de 2010, y que ha servido como parte del proyecto docente para concursar a la plaza de *profesor contratado doctor*. Los resultados completos se han publicado en forma de libro (Serra 2012). Su objetivo es indicar una conexión más explícita entre los conceptos que queremos que un alumno *analice* en una obra arquitectónica y los medios para expresarlos, con las corrientes arquitectónicas que más énfasis han hecho en dichos conceptos y medios de expresión durante el s. XX.

CONTEXTO ACADÉMICO DE LA ASIGNATURA

El plan de estudios de 2010 es el primero acordado de manera unitaria por todos los países miembros de la Unión Europea y promueve una mayor cohesión social, competitividad internacional y crecimiento económico, al favorecer la movilidad geográfica, el reconocimiento de titulaciones, la transferencia de créditos, etc. Es un cambio coherente con la idea de una realidad globalizada, en una Europa afianzada como una estructura social que va más allá de ser un simple espacio económico común.

El reciente marco académico plantea aspectos nuevos que son en realidad históricos en la asignatura de *Análisis de Formas Arquitectónicas*, como el *aprendizaje autónomo* o la *evaluación continua*, e introduce novedades como la *formación en competencias*. Es un aspecto novedoso, así mismo, la reducción de las horas docentes destinadas a la asignatura, que alcanza unos límites sin precedentes en la historia de la titulación.

A partir de estas cuestiones, y conscientes de la eficacia de una asignatura que ha funcionado correctamente y que ha demostrado ser eficaz en la formación de los alumnos de primer curso de arquitectura para expresarse gráficamente, proponemos una reflexión serena sobre los contenidos de la materia, que permita avanzar sobre lo ya construido y a la vez atienda a necesidades que se han detectado. Hacemos plenamente nuestro el actual programa, orientado según la línea docente de la catedrática Ángela García Codoñer, que se apoya principalmente en el pensamiento *estructuralista* como método de análisis de la forma, complementado con una serie de actividades de *refuerzo de la creatividad*. No pretendemos eliminar contenidos sino reorientarlos. Abrir cauces nuevos para el futuro, con la limitación que supone que la asignatura pertenezca al primer curso y disponga de un tiempo escaso. Por ello, se presenta una programación docente abierta, que propone más que concreta, y sin una organización cerrada de actividades y cronograma. Esperamos que sirva como herramienta útil para reflexionar la mejor manera de formar en las competencias que corresponden al *Análisis de Formas Arquitectónicas*.

CONTEXTO TEÓRICO DE LA ASIGNATURA

Observamos que existen ciertas limitaciones para comprender gráficamente algunas arquitecturas del s. XX desde un punto de vista exclusivamente *estructuralista*, es decir, tratando de encontrar en ellas estructuras reconocibles y validadas. Así, Norberg-Schulz (2001 [1998]) propone una interpretación de las formas de la arquitectura a partir del estudio de su materia (el espacio y la masa), y aquello que articula dicha materia (las relaciones). Entendida de una manera *estructuralista*, la arquitectura se concibe como un sistema coherente de relaciones entre distintos elementos o partes, y resulta válida para interpretar gran parte de las formas del s. XX como el racionalismo, las formas de la abstracción, y parte de la arquitectura posterior a la II GM.: el minimalismo, la crítica tipológica, la arquitectura *High Tech*, etc.

Sin embargo, el *estructuralismo* queda superado en los años '80 por una interpretación de la realidad mucho más discontinua y desequilibrada. El *post-estructuralismo* renuncia a la neutralidad, la objetividad y el conocimiento universal, y despliega formas complejas, fragmentadas o incluso inmateriales. Ante ellas, los planteamientos *estructuralistas* quedan muy limitados porque, o bien no es posible identificar las partes que componen las formas, o bien no es posible identificar las relaciones entre ellas. Las arquitecturas en la que no es posible identificar las partes son aquellas que se conciben como una totalidad, de modo holístico. Son herederas de las concepciones organicistas, pero también de las formas de la espontaneidad y el subconsciente (surrealismo y expresionismo). Las arquitecturas en las que no es posible identificar las relaciones entre las partes son aquellas donde estas relaciones son excesivamente complejas, o simplemente aleatorias y casuales. Tienen su origen en el arte conceptual, que prioriza la acción frente al objeto, y en la crítica radical, aquella que pretende acabar con el objeto artístico mediante distintos procedimientos.

Lo cierto es que el alumno que accede al grado de arquitectura en primer curso, carece de un lenguaje gráfico para poder expresarse, y desde luego, desconoce las características propias de la arquitectura objeto de análisis. De modo que nuestra principal y prioritaria labor docente reside en que adquiera unas habilidades gráficas suficientes para analizar la arquitectura en un estadio inicial. En este sentido, el método *estructuralista* es adecuado y resulta plenamente satisfactorio. Sin embargo, y aún conscientes de la limitación de tiempo de que disponemos en la asignatura, consideramos que para un correcto análisis de las formas arquitectónicas del s. XX (y del actual s. XXI), deben reforzarse las iniciativas que ya se han puesto en práctica en el curso 2010/2011 para que el alumno experimente distintos procesos de generación formal (Serra 2012b). Aquello que comúnmente denominamos "experimentación creativa" (fig. 1), y que no se entiende como un mero divertimento gráfico, sino como un auténtico proceso de ideación, validado por ejemplos de arquitecturas relevantes.

OBJETIVOS DE LA PROPUESTA DOCENTE

Ante la limitación del método *positivista/ estructuralista* para enfrentarse a determinadas formas contemporáneas, proponemos un análisis que no sólo estudie las formas, sino que reproduzca las condiciones del proceso de generación de las mismas. Proponemos una serie de actividades que repasan los dibujos y demás medios de expresión artística de las principales tendencias arquitectónicas del s. XX. Partimos de la clasificación que propone el arquitecto J. M. Montaner, y que organiza las formas en torno a una serie de conceptos abiertos y no excluyentes, que aproximadamente corresponden con la evolución cronológica de la arquitectura moderna y contemporánea. A saber: *formas de la naturaleza; formas de la espontaneidad y el subconsciente* (fig. 2); *formas de la abstracción; formas de la razón; formas de la realidad; formas de la significación; formas de la crítica y la utopía; formas mínimas; y formas de la fragmentación.*

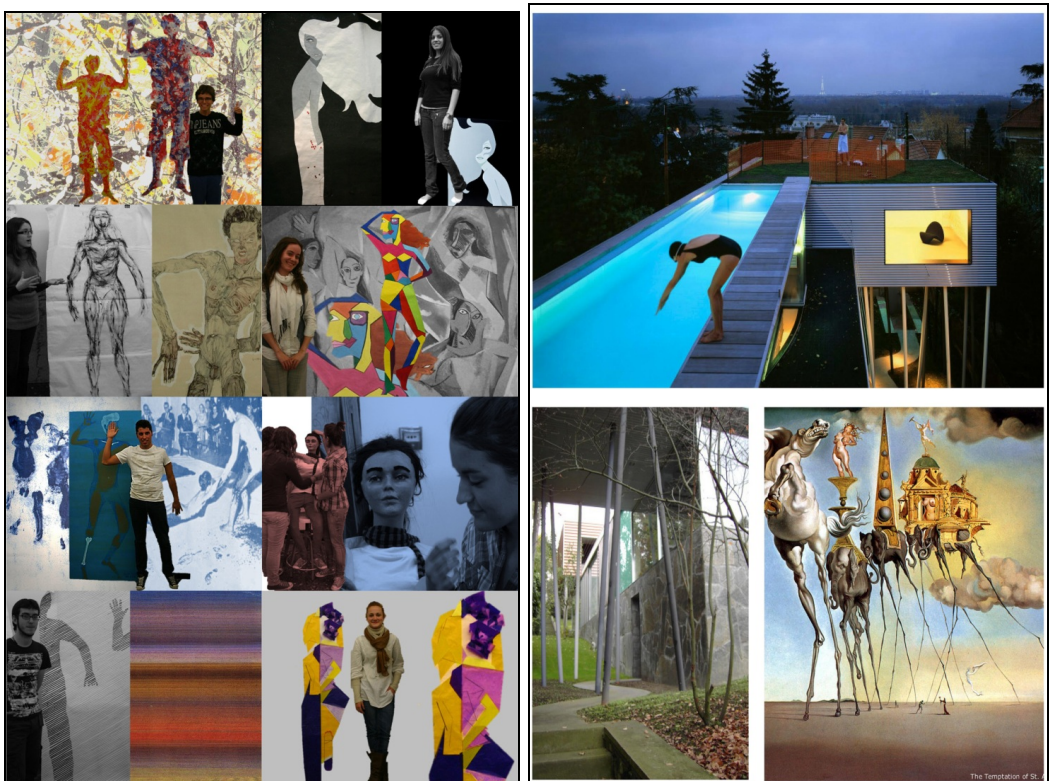


Fig 1. Autorretratos de alumnos a escala 1:1, 2011. De izqda. a dcha. y de arriba abajo: James C. Moya (+ Jackson Pollock), (b) Beatriz Solanes (+ Jordi Labanda), (c) Ana Pérez (+ Egon Schiele), (d) María Cruz Gómez (+ Pablo Picasso), (e) David Ferrer (+ Yves Klein), (f) Amparo Dominguez, (g) José Marín (+ Eusebio Sempere), (h) María Mercedes González.



Fig 2. Formas de espontaneidad y el subconsciente: Villa Dall'ava, Rem Koolhaas, París, 1991; La Tentación de San Antonio, Salvador Dalí, 1946. En: (a) http://www.architectenwerk.nl/architectenpraktijk02/Villa_dallAva (b) http://www.architectenwerk.nl/architectenpraktijk02/Villa_dallAva (c) Museo Royaux des Beaux-Arts de Bruselas

Somos conscientes de que el alumno de primer curso desconoce estos movimientos, y que escapa a nuestra asignatura el hecho de que comprenda la evolución de las formas del s. XX. Sin embargo, consideramos que la mayor parte de los conceptos que se están trabajando en el día a día en *Análisis de Formas Arquitectónicas* están estrechamente relacionados con movimientos artísticos importantes, y que los medios de expresión formal que empleamos están vinculados a ellos. Deseamos indicar una conexión más explícita entre los conceptos que queremos que un alumno *analice* en una obra arquitectónica y los medios para expresarlos, con las corrientes arquitectónicas que más énfasis han hecho en dichos conceptos y medios de expresión. De este modo el alumno empieza a ampliar su campo de conocimiento de los referentes arquitectónicos y comprende que los medios de expresión gráfica que se proponen están respaldados por arquitecturas emblemáticas que los emplearon para su concepción. En la obtención de las habilidades gráficas, el alumno podrá ampliar el abanico de referentes que le puedan acompañar en su proceso de aprendizaje durante la carrera.

METODOLOGÍA

Para cada una de las *formas de la arquitectura del s. XX*, se han recopilado y transcrito una serie de textos teóricos que permiten enmarcar el movimiento artístico. Así mismo, se proponen una serie de palabras clave y tres tipos de objetivos formativos para cada una de las tendencias: *objetivos conceptuales*, *objetivos procedimentales*, y *objetivos actitudinales*.

Los *objetivos conceptuales* se refieren a los contenidos teóricos a desarrollar. Es decir, aquellos que han de ser comprendidos racionalmente y que se vinculan con el movimiento formal descrito.

Los *objetivos procedimentales* proponen actividades a desarrollar para alcanzar los objetivos conceptuales. Es decir, son los medios a emplear, las técnicas a experimentar, etc. Estas actividades no son necesariamente novedosas, sino que muchas de ellas ya se están desarrollando en la asignatura. No obstante, al presentarlas de este modo, quedan contextualizadas en un determinado movimiento formal y permiten que el alumno conozca ejemplos de arquitectos que han recurrido a ellas alcanzando resultados notables.

Los *objetivos actitudinales* se refieren a la disposición que se espera despertar en el alumno respecto a las actividades propuestas. Son objetivos más amplios, más abstractos si se quiere, que valen tanto para el análisis de la forma como para otras materias de arquitectura.

Cada tendencia formal descrita se acompaña de imágenes que ejemplifican los objetivos propuestos. Son imágenes de arquitecturas y también de bocetos de arquitectos, que permiten relacionar el dibujo con la realidad construida.

RESULTADOS

Presentamos a continuación la propuesta docente que se ha planteado para el caso concreto de las *formas de la naturaleza*, como ejemplo de una de las nueve tendencias formales seleccionadas (fig. 3). Se trata de la primera de ellas, que corresponde aproximadamente con los años previos al auge de la arquitectura moderna, y que puede valer como muestra del trabajo realizado. Respeto la estructura que se ha comentado: palabras clave, textos teóricos, imágenes y objetivos formativos (*conceptuales*, *procedimentales* y *actitudinales*).

Formas de la naturaleza

Palabras clave:
Organismo, Totalidad, Mimesis...

Textos teóricos:

"Justo antes de la eclosión de la arquitectura moderna, las formas orgánicas de la naturaleza inspiraron a autores que, como Antonio Gaudí, Frank Lloyd Wright o los expresionistas alemanes, fueron pioneros del arte moderno. Pero también, tras los primeros fracasos del movimiento moderno, en los años cuarenta y cincuenta, la superación autocrítica de la crisis de lo moderno se consiguió recurriendo al organicismo. En las obras de Alvar Aalto, Oscar Niemeyer, Eero Saarinen, Kenzo Tange o Jörn Utzon y en las teorías de Bruno Zevi, lo orgánico sirvió para ultrapasarse los límites de lo mecánico". (Montaner 2002, p. 20)

"Entre los más importantes historiadores del movimiento moderno, Waner Curt Behrendt había sido el único en dar un valor fundamental a la palabra *orgánico* en arquitectura. Recordaba que el término había sido usado por Burckhardt y hacía notar que, por lo demás, ya Vasari se refería a algo similar cuando, al elogiar el edificio de la Farnesina, decía: no construido, sino verdaderamente nacido (se podría agregar que, antes que Vasari, Leon Battista Alberti, pese a ser un defensor del clasicismo y un arquitecto con frecuencia carente de sentido del humor, había afirmado que un edificio es casi como un animal, o sea que su forma se desarrolla desde el interior hacia el exterior). Behrendt opinaba que en un solo caso en la historia, en el templo dórico, lo orgánico y lo formal se han unido en la misma obra de arte. Todo el resto de la producción arquitectónica puede repartirse entre las dos categorías antitéticas; para usar las palabras tomadas de Goethe, entre la del "formative art" y su contraria, la del "fine art". En su libro, Behrendt apelaba a una serie de sinónimos que, reunidos, dan una idea de lo que el autor llama "dualismo del espíritu creador". (...)

"Behrendt distinguía incluso entre "arquitectura" y "construcción", dando al primer término un significado erudito, académico y artificial. Hallaba los términos antitéticos de la arquitectura orgánica y de la formal, en el mundo moderno, en las personalidades de Wright y de Le Corbusier; ampliando las observaciones que Persico había hecho en Italia. Hubiera podido agregar otros sinónimos a los quince mencionados: por un lado, impresionismo; por el otro, cubismo. En sus conclusiones

tomaba abiertamente partido: "El arte de Wright está fundado sobre un principio de validez general, el principio de estructura orgánica. Y si la arquitectura futura quiere convertirse otra vez en un arte viviente, debe adoptar dicho principio como guía." (Zevi 1954)

"De la misma manera, una obra de arquitectura genera un complejo indivisible de impresiones. El vivo encuentro con la Casa de la cascada de Frank Lloyd Wright entreteje el bosque circundante, los volúmenes, las superficies, las texturas y colores de la casa, e incluso los olores del bosque y los sonidos del río, en una experiencia excepcionalmente compleja. Una obra de arquitectura no se experimenta como una serie de imágenes visuales aisladas, sino en su presencia espiritual y material completamente encamada. Una obra de arquitectura incorpora e infunde tanto estructuras físicas como mentales. La frontalidad visual del dibujo arquitectónico se pierde en la experiencia real de la arquitectura. La buena arquitectura ofrece formas y superficies moldeadas para el tacto placentero del ojo. "Contorno y perfil son las piedras de toque del arquitecto", como decía Le Corbusier, revelando un ingrediente táctil en su, por otro lado, interpretación ocular de la arquitectura." (Pallasmaa 2006, p. 76)

Objetivos Conceptuales:

- Comprender que la *naturaleza* es fuente de inspiración para la arquitectura: huesos, rótulas, árboles, antropomorfismos, etc.
- Comprender que, más allá de la metáfora formal, el organicismo es un concepto interpretativo de la arquitectura como cuerpo que responde y se adapta a las necesidades del entorno y de sus habitantes.
- Reconocer que un organismo arquitectónico es una totalidad armónica en la que las partes conforman un cuerpo unitario.
- Distinguir el organismo arquitectónico como un cuerpo holístico, que se resiste a una fragmentación.
- Reconocer que en la arquitectura orgánica no suelen existir partes organizadas de modo secuencial. No hay secuencia sino totalidad.
- Identificar que el término "arquitectura orgánica" se refiere habitualmente a cualquier edificio de formas curvas e irregulares, aunque no toda la arquitectura orgánica recurra a estas geometrías.

Objetivos Procedimentales:

- Aplicar procesos creativos que partan del mundo natural como referente.
- Utilizar el dibujo para analizar la estructura esencial de una forma natural y su traslación a la arquitectura.
- Experimentar que determinadas formas arquitectónicas se piensan a partir de su organización interna, y como respuesta a las condiciones del medio, como ocurre en gran parte de la arquitectura orgánica.
- Experimentar con algunas formas holísticas presentes en el mundo natural, capaces de crecer indefinidamente sin perder su unidad: la espiral, las superficies regladas, las bóvedas, etc.

Objetivos

Actitudinales:

- Motivar la imaginación partiendo de un referente.
- Motivar el estudio de la realidad como vía válida de conocimiento, superando la tendencia a la mimesis naturalista.
- Motivar un pensamiento que cuestione el exceso de racionalismo y la producción en serie.
- Motivar un pensamiento que busque soluciones particulares e individuales.



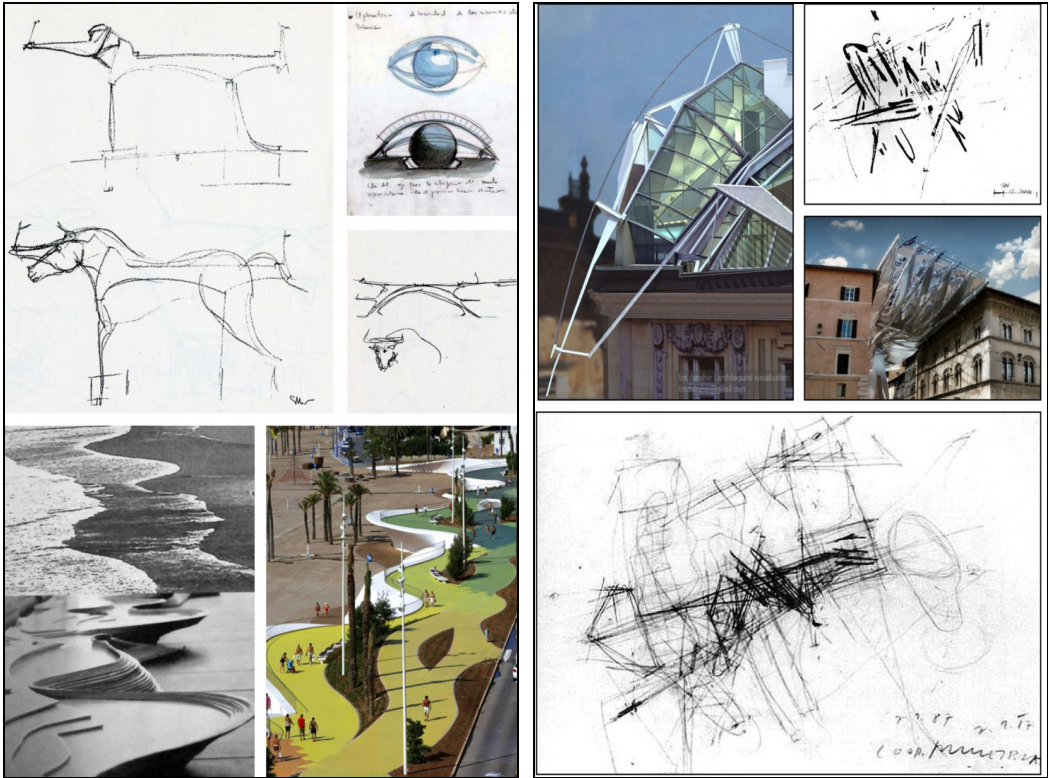


Fig 3. Formas de la naturaleza: Distintas obras y bocetos de Santiago Calatrava y Carlos Ferrater. En: (a, b, c) <http://revistaimagencreativa.blogspot.com/2011/04/algunos-bocetos-de-santiagocalatrava>. Html (d) Carlos Ferrater , Borja Ferrater. Synchronizing Geometry: Landscape, Architecture & Construction: Ideographic Resources. Barcelona: Actar, 2006. Fig 4. Formas de la fragmentación: Distintas obras y bocetos de Coop Himmelblau. En: (a) <http://vizarch.blogspot.com/> (b) <http://www.stichtingmilieunet.nl/andersbekekenblog/energie/stunning-energy-roofuniversity-of-perugia-by-coophimmelblau.html> (c) <http://www.dipity.com/timeline/Perugia-Italy/> (d) <http://curetheblind.com/lebbeuzan-woods-author-of-fractures/>

CONCLUSIONES

Como conclusión, y a modo de resumen, podemos señalar los aspectos más relevantes relacionados con cada una de las nueve tendencias formales de la arquitectura del s. XX en lo que al análisis de formas y su representación se refiere. Así las *formas de la naturaleza*, suponen la validez del dibujo de mimesis como punto de partida para el desarrollo de formas arquitectónicas. Las *formas de la espontaneidad* respaldan el dibujo inconsciente como vía posible para la génesis de la arquitectura en un periodo inicial de ideación. Las *formas de la abstracción* remiten al dibujo de análisis de la forma en sus elementos básicos componentes. Las *formas de la razón* trabajan con diagramas conceptuales, que se apoyan sobre todo en la organización de la función del edificio. Las *formas de la realidad* refuerzan la importancia del dibujo de la arquitectura y su medio, es decir, la vinculación de la forma con el contexto histórico, físico y social. Las *formas de la comunicación* refuerzan los dibujos de arquitecturas con significados, y también las técnicas de expresión que emplean los medios de comunicación de masas. Las *formas de la crítica* ponen el énfasis en el proceso frente al resultado y refuerzan nuestro interés en el proceso de dibujo como instrumento especulativo y de ideación. Las *formas mínimas* enfatizan la búsqueda de lo esencial en los dibujos, la máxima expresión con el mínimo número de medios. Por último, las *formas de la fragmentación* emplean a menudo la técnica del collage y la configuración de formas complejas a partir de fragmentos (fig. 4).

A grandes rasgos puede verse que cada una de las tendencias artísticas del s. XX permite respaldar y dotar de mayor riqueza alguno de los aspectos relacionados con la expresión gráfica de la arquitectura y su análisis formal. Aspectos, todos ellos, que ya se tratan en la asignatura, pero que de este modo quedan mejor ubicados y permiten al alumno interesado profundizar en su desarrollo. Es necesario que el estudiante recién ingresado en la carrera tenga referentes formales (imágenes y recursos) para poder construir en el futuro, y sobre ellos, su propio lenguaje.

Referencias bibliográficas

Montaner, JM 2002, *Las formas del s. XX*, Gustavo Gili: Barcelona.

Montes Serrano, C 1992, *Representación y análisis formal: lecciones de análisis de formas*, Universidad de Valladolid, Valladolid.

Norberg-Schulz, C 2001 (1998), *Intenciones en Arquitectura*, Gustavo Gili, Barcelona.

Pallasmaa, J 2006, *Los ojos de la piel: La arquitectura de los sentidos*, Gustavo Gili, Barcelona.

Serra, J 2012, *Análisis de Formas Arquitectónicas del s. XX: una propuesta docente*, Editorial Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

Serra, J 2012b, Portafolio Docente Análisis de Formas Arquitectónicas, UPV, Valencia. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/14500>

Zevi, B 1954, *Historia de la arquitectura moderna*, Emecé, Buenos Aires.



INCIDENCIAS EN LA EXPRESIÓN GRÁFICA APLICADA A LA EDIFICACIÓN DEL SERVICIO PROFESIONAL DE MONITORIZACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN EL CONTEXTO DEL PROJECT MANAGEMENT

Pedro FDEZ.-VALDERRAMA APARICIO
Juan Enrique NIETO JULIÁN, Luis RIESCO LEAL

Universidad de Sevilla
Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería en la Edificación.

Resumen

In the construction sector, project monitoring is a professional service associated with project management. Its purpose is to ensure that the project objectives are met and that external financial funds are used correctly. This external service has never been introduced in a widespread way and its scope is therefore usually limited to monitoring the traditional risk factors associated with building works: cost, execution period and quality (particularly the first two). Consequently, it is likely that when the real estate sector is reactivated and the advantages of this system are recognized, the monitoring process will be extended to other factors hitherto regarded as secondary from the point of view of the profitability of the investment. This new set of factors should include the graphic part of the project document.

Texto comunicación

INTRODUCCIÓN:

El servicio de monitorización de proyectos (project monitoring) es una actividad centrada en el marco de la Dirección Integrada de Proyectos –DIP- como un servicio específico dentro de los habituales en el mercado español, ya que no siempre los clientes quieren o pueden contratar los trabajos de DIP en su máxima extensión, de ahí que las empresas especializadas ofrezcan otros servicios parciales.

Dadas las actuales circunstancias económicas, especialmente en el sector financiero, la monitorización de proyectos está de actualidad al requerir las entidades financieras de controles más exhaustivos para la financiación de operaciones inmobiliarias, siendo más exigentes a la hora de validar las propuestas del promotor y demandando un mayor control para efectuar con el menor riesgo las disposiciones de los préstamos concedidos, garantizando la correcta aplicación de dichos fondos. Ésto es debido a los múltiples riesgos que estas entidades han venido asumiendo hasta no hace muchos años en el sector inmobiliario. Para llevar a cabo este control adicional los financiadores se valen, entre otros mecanismos, del servicio de monitorización.

A la vista de esta situación, las empresas de project manager se han especializado en la gestión de riesgos (De la Calzada 2010)¹¹.

OBJETIVOS:

Los objetivos de la presente comunicación son mostrar en qué consiste un servicio de monitorización de proyectos de construcción, entendiendo su importancia en la actual coyuntura económica y exponer su posible incidencia en la expresión gráfica aplicada a los proyectos de edificación.

CONTENIDO:

Significado del término Monitorización.

Desde el punto de vista de psicología cognitiva la monitorización es un proceso que se supone inmerso dentro de la llamada función ejecutiva o sistema ejecutivo. Hace referencia a la supervisión necesaria para la ejecución del plan de acción establecido en la planificación de las acciones, conductas o pensamientos encaminados al logro de una meta. Es el proceso por medio del cual, nos aseguramos que nuestro proceder está encaminado adecuada y eficazmente hacia un resultado final, evitando las posibles desviaciones que pudieran presentarse.

¹¹ De la Calzada, Emilio, 2010, 'El project se especializa en gestión de riesgos', *Metros2*. Nº 199, pág. 13.

La monitorización puede detectar las posibles interferencias que pudieran presentarse en el curso de alguna acción y puede dar lugar a corregir el procedimiento antes de llegar a un resultado final.

En la industria, la línea de técnicas de control y monitorización, persigue el desarrollo de sistemas de control de los procesos de fabricación, que sean capaces de detectar los distintos eventos que tiene lugar durante los mismos. Estas técnicas, aplicadas en la industria, permiten implementar altos grados de automatización y garantizan la calidad de los productos finales.

Para la Real Academia Española de la Lengua, monitorizar es observar mediante aparatos especiales el curso de uno o varios parámetros fisiológicos o de otra naturaleza para detectar posibles anomalías.

Centrándonos en el sector de la construcción, para la Asociación Española de Dirección Integrada de Proyectos¹² -AEDIP- (asociación de empresas de consultoría del sector de la construcción en España, vinculadas por el objetivo de promover los servicios de "project manager"), el objetivo esencial de la monitorización de proyectos es el control y monitoreo de los riesgos inherentes al proceso del proyecto y es el servicio profesional que supervisa el cumplimiento de los objetivos del proyecto, desde un punto de vista externo, para comprobar el uso correcto de los fondos ajenos.

Informa periódicamente al cliente del progreso del calendario de la obra, controla el presupuesto y la calidad mediante visitas, debiendo contar con la capacidad resolutoria para recomendar en forma proactiva al cliente, y asesorarle en las soluciones más apropiadas que mitiguen el riesgo.

Supervisa la dirección y ejecución del proyecto desde un punto de vista completamente externo, proporcionando al cliente un servicio profesional equiparable al de una auditoría externa. Logra un ambiente generalizado de control externo en el proyecto.

La AEDIP encuadra la actividad de monitorización de proyectos - project monitoring -, dentro del conjunto de servicios profesionales de la Dirección Integrada de Proyectos - DIP- como un servicio específico.

De estos servicios específicos, los más usuales en el mercado español son: Contratación y gestión de obras - C.G.O.- management contracting; monitorización de proyectos - project monitoring -; gestión de costes - cost management -; gestión del diseño - design management - y auditoría - due diligence -

El porqué de la monitorización de proyectos.

Veamos a continuación por qué se están prestando los servicios de monitorización de proyectos, especialmente en la actualidad y sus ventajas. Éstas son según QualitARQ (2010)¹³:

... las ventajas que el servicio de Project Monitoring ofrece a las entidades financieras de un proyecto inmobiliario se resumirían en: detección temprana de los riesgos de incumplimiento de los principales inputs sobre el modelo financiero, monitorización de los riesgos de construcción (coste y plazo), permitir a las entidades financieras acceder información fiable a tiempo y asistencia a las mismas en las tomas de decisiones validando los parámetros críticos.

Este servicio se usa para supervisar el cumplimiento de los objetivos de un proyecto desde un punto de vista externo al de la organización del equipo de ejecución y gestión de las obras, con el fin de verificar el correcto empleo de la financiación externa. El cliente es informado periódicamente de los progresos de acuerdo a los plazos de las obras y los controles de costes y calidad del proyecto. Por tanto, el Project Monitor estaría auditando, dentro del esquema de un proyecto, la gestión de otros agentes.

En los siguientes párrafos analizamos el enfoque que al respecto hace QualitARQ (2010).

La situación económica actual, caracterizada en el sector financiero, entre otras cuestiones, por la dificultad de acceso a fondos monetarios y la gran incertidumbre, se ha manifestado radicalmente diferente a la existente hace muy pocos años, y con ella han cambiado las reglas y condiciones que las entidades financieras venían utilizando para la concesión y seguimiento de la financiación de activos.

¹² Asociación Española de Dirección Integrada de Proyectos, 2006, *Libro blanco de la dirección integrada de proyecto en la construcción*, Aedip, Madrid.

¹³ QualitARQ, 2010, 'Minimizar los riesgos a través del Project Monitoring', Administrador de Qualitarq, visitada 19 de agosto de 2010. <http://www.qualitarq.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=36:minimizar-los-riesgos-a-traves-de-project-monitoring&Itemid=209&lang=es>



Los amplios riesgos que se han asumido en el pasado, ha producido un gran aumento de la morosidad, por lo que las entidades financieras requieren de mayores garantías y controles a la hora de conceder financiación, así como unas condiciones más exigentes a aplicar ante los proyectos financiados.

Al objeto de minimizar los riesgos se hace imprescindible la detección de los mismos desde el primer momento, teniendo que incrementar el análisis para poder validar con garantías las previsiones previas del proyecto, tanto financieras como puramente técnicas.

El project monitoring aporta asistencia técnica externa al objeto de identificar, minimizar, supervisar y controlar el riesgo en proyectos inmobiliarios, permitiendo a la entidad financiera aumentar la capacidad de toma de decisiones sobre los aspectos del proyecto que pudieran afectar a su marcha correcta, en definitiva, a la rentabilidad prevista. En esta línea, los servicios de project monitoring recomiendan actuaciones a llevar a cabo para reducir el impacto de los riesgos sobre el activo financiado.

Por ello, los objetivos fundamentales del servicio son la identificación y seguimiento de los riesgos. Cabe destacar especialmente dentro de este proceso, la importancia de la gestión de los cambios en el proyecto, reduciendo su impacto en coste y precio, así como el establecimiento de sistemas de transmisión de la información que permitan a los implicados, conocer la situación del proyecto en todo momento.

El servicio comienza con la realización de una auditoria inicial (due dilligence) de los riesgos (o bien un informe inicial de riesgos en función del alcance del trabajo), al objeto de identificarlos, calificarlos y determinar su grado de influencia en el activo. Esto a su vez permite a la entidad financiera fijar al promotor determinadas condiciones en el contrato de financiación, en función de los riesgos detectados. El proceso sigue con el seguimiento de los riesgos que puedan afectar al activo financiado.

A su vez es importante la realización de informes de validación de disposiciones de fondos solicitadas, al objeto de verificar que las certificaciones producidas durante la ejecución, se corresponden con la obra realmente ejecutada. En determinados casos también aporta amplias garantías a la entidad financiera, la realización de informes de monitorización de pagos, en los que se verifica que los fondos dispuestos se destinan íntegramente al activo financiado y no se desvían a otra finalidad, verificando por tanto que se produce el cobro efectivo por parte de subcontratas y proveedores que prestan sus servicios o aportan materiales respectivamente, en la ejecución del proyecto financiado.

La gestión de riesgos en proyectos de construcción.

A lo largo de lo analizado acerca de la monitorización, se repite la necesidad de identificar, cuantificar y minimizar los riesgos del proceso de la construcción, en definitiva, de llevar a cabo una gestión de los riesgos. Vamos a profundizar en ésto exponiendo una definición de la gestión de riesgos y haciendo una aproximación del asunto en el sector de la construcción.

Para ello vemos la definición que hace Dafas¹⁴ (2010) al respecto y analizamos su enfoque del asunto:

Gestión de riesgos es el método que permite la identificación, medición y control de los riesgos que amenazan la vida, la propiedad y la rentabilidad (en una palabra, la viabilidad) de un proyecto o de una organización.

La gestión de riesgos es importante porque en todo el proceso (estudio de viabilidad, construcción, uso, etc) existen riesgos que pueden afectar a todos los agentes que intervienen.

Los riesgos que no se identifican y especialmente no se gestionan, pueden afectar a los objetivos de plazo, coste y de calidad. En los inicios del project management, todas las decisiones y gestiones iban encaminadas a controlar el coste y plazo del proyecto y no se hacía una gestión de riesgos. Antes se realizaban estimaciones del 10% para costes o partidas no presupuestadas, para así controlar los costes globales del proyecto. Ésto se hacía así porque se sabía más sobre plazos y costes que sobre riesgos. Hoy en día ésto está cambiando porque se disponen de métodos de previsión de riesgos, experiencia y métodos para gestionarlos.

Según Dafas, lo que hay que empezar a entender es que la gestión de riesgos no es una actividad separada del project management, sino un aspecto importante de la gestión de proyectos:

La gestión de riesgos implica un control de posibles futuros sucesos que pueden afectar de manera negativa a la rentabilidad del proyecto. Es un ejercicio proactivo más que reactivo, y esa es su mayor

¹⁴ Vassili, Dafas, 2010, 'La gestión de riesgos en la construcción', QualitARQ 2010, visitado el 19 de agosto de 2010, <http://www.qualitarq.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=22:la-gestion-de-riesgos-en-la-construccion&Itemid=209&lang=es>.

ventaja (o contribución a la gestión de proyectos). Se trata de un continuo y disciplinario ejercicio de identificación de problemas y de posibles soluciones.

Una de las aportaciones del uso de esta metodología es que también se alimenta la gestión de otros aspectos del proyecto como la logística de la obra, organización de recursos humanos, control presupuestario, etc. Otra novedad es la de la elección de una adecuada estrategia de contratación, para lo cual hay que analizar los riesgos de cada posibilidad y ver cuál es la que se adapta mejor al cliente.

Los sistemas de gestión de riesgos no sólo identifican los mismos, también cuantifican y valoran su posible impacto, pudiendo llegar a ser riesgos aceptables o no dependiendo de numerosos factores. Además este tipo de gestión ayuda a reducir los costes globales del proyecto, define mejor los objetivos del cliente y potencia los efectos favorables del proyecto, más aun cuanto más temprana sea la fase del proyecto en que se empieza a aplicar.

Cómo se lleva a cabo en la práctica un servicio de monitorización de proyectos.

El potencial demandante de este servicio es cualquier agente que crea conveniente monitorizar (supervisar) un proyecto en el que tiene intereses sin interferir en la gestión diaria del mismo. Actualmente dada la coyuntura económica es demandado especialmente por las entidades financieras.

Bajo la denominación de monitorización de proyectos se vienen prestando una serie de variantes del servicio. Las formas en las que se suele prestar en la actualidad la encuadramos en varias modalidades:

La primera sería el caso de validar las previsiones iniciales del promotor acerca de la rentabilidad del activo que se va a financiar, detectando anticipadamente los riesgos que puedan afectar a la rentabilidad y teniendo información a tiempo real de la marcha del proyecto financiado a través de la continua supervisión y control de los riesgos que puedan afectar a los objetivos del proyecto, asegurándose de esta manera que la obra terminará según las previsiones de plazo, coste y calidad. Esta función se puede llevar a cabo mediante la monitorización de proyectos, principalmente en activos financiados de nueva planta y constaría de una auditoría inicial (due dillingence) más una fase posterior de seguimiento. Esta opción tiene un alcance más amplio y viene a ser la menos usada en la práctica.

La segunda forma de prestación del servicio es una variante de la anterior, en la que se trata de controlar determinados aspectos parciales del proyecto, como coste, plazo, calidad, cumplimiento legal o cualquier otro. Esta opción se llevaría a cabo mediante un informe inicial, que se centraría en validar las previsiones iniciales del proyecto en lo referente a esos parámetros que después se van a controlar y unos ciclos posteriores de seguimiento. En este caso, el informe inicial tiene un alcance menor que la auditoría inicial de riesgos. Puede ser empleado tanto en obras de nueva planta como en aquellas en las que se retoma la ejecución tras una parada debida a problemas principalmente financieros por parte del promotor, dadas las actuales condiciones económicas. Esta modalidad del servicio es más usada que la anterior.

La tercera forma de llevar a cabo esta actividad es la que denominamos control de pagos. Ésta es usual en la actual situación económica y se viene a utilizar en los casos de promociones inmobiliarias que han quedado paradas por problemas financieros del promotor. La entidad financiera decide seguir financiando al promotor para una vez concluidas las obras, recuperar el activo (promoción), usualmente mediante una dación en pago, o bien de otra forma, es la misma entidad financiera la que retoma y termina la obra, ya bajo su propiedad al haber ejecutado la garantía hipotecaria. En este último caso, al desaparecer la figura del promotor, el servicio a prestar es más proactivo y más asimilable a una gestión integrada de proyecto (project management) que a una monitorización. Es en esta etapa tras la parada en la ejecución del proyecto cuando la entidad financiera demanda un servicio externo de monitorización.

Este control de pagos se lleva a cabo en una primera fase con la elaboración un informe inicial de riesgos, mediante el cual se trata, en esencia, de validar las previsiones de coste pendiente de finalización y detectar aquellas circunstancias que pudieran hacer peligrar el fin último de la promoción, es decir, que una vez terminadas las obras se pueda comercializar. Un vez en marcha la ejecución, en una segunda fase del servicio, se lleva a cabo el seguimiento de la obra, en la que se controla que marche según lo previsto, supervisando el coste, plazo y calidad (especialmente coste y plazo) y monitorizando los pagos, a fin de asegurar que el destino de los fondos financieros dispuestos para la conclusión de la promoción, se aplican exclusivamente al pago de las empresas o agentes intervinientes y no son desviados por el promotor para atender a otros menesteres.

Incidencias de la monitorización de proyectos en la expresión gráfica aplicada a la edificación.

No obstante a pesar de su utilidad, el servicio de monitorización no se haya implantado de manera generalizada, por lo que su uso se considera asociado en numerosas ocasiones a operaciones inmobiliarias con problemas, en las que se



llevar principalmente, un control adicional externo de los pagos y también de aquellos factores de riesgo considerados como tradicionales en obras: coste, plazo y calidad (especialmente los dos primeros). Por ello, es previsible que cuando la actividad en el sector inmobiliario se vaya reactivando y se constate las ventajas que aporta este sistema, los factores a monitorizar se amplíen a otros no considerados hasta ahora como claves respecto del punto de vista de la rentabilidad de la inversión. En este nuevo grupo de factores se debe encontrar la parte gráfica del documento del proyecto.

Este control formaría parte de la primera atapa en la que se desarrolla este servicio, es decir en la auditoría inicial o informe inicial, según el alcance del trabajo, e iría encaminado en esta fase previa de la ejecución de la obra a la comprobación, supervisión y el diagnóstico de la representación gráfica de los mismos, siendo suficiente como para que no se produzcan ningún tipo de circunstancias que pudieran afectar al normal desarrollo de la inversión, motivado por la ausencia o no coherencia de la información de contenido gráfico incluido en el documento. Se trata de efectuar una supervisión de la parte gráfica del proyecto, acorde al alcance total del trabajo de monitorización, de tal manera que si para el control de otros parámetros del proyecto se establecen previamente una serie de estándares de puntos de controlar, documentación a disponer, consultas a realizar, etc, de igual manera, se prefijen y adaptan para cada tipo de proyecto y de contrato de ejecución, una serie de puntos clave a chequear, que puedan afectar a la adecuada marcha de la ejecución del proyecto.

Hemos de tener en cuenta que como este control se lleva a cabo como paso previo a la construcción, para el desarrollo de este trabajo partimos de un documento de proyecto de ejecución.

Entre los factores a supervisar estarían:

Planos generales:

- Situación:

Definición precisa del solar sobre plano de planeamiento y/ catastral aplicable. Solar acotado y emplazamiento de la edificación: señalando retranqueos, anchos de calles y acerados, acotando los espacios ocupados por la edificación y los libres. Servicios urbanísticos, cotas de rasante, topografía interior, etc

- Plantas:

Escala mínima 1:100 (en viviendas 1:50, en grandes conjuntos los planos generales a escala 1:200). Estarán grafiadas todas las plantas distintas del edificio. Los planos irán acotados, con indicación de gruesos de muros y tabiques, giros de puertas, mobiliario y aparatos sanitarios.

- En viviendas, definición de superficies útiles por habitación y por viviendas. Superficies y dimensiones de patios e incluso patinillos de ventilación. - Planta de cubiertas. Señalando los elementos que haya sobre la misma, pendientes, puntos de recogida de aguas pluviales, etc.

- Alzados:

Escala mínima 1:100 (en viviendas 1:50, en grandes conjuntos los planos generales a escala 1:200).

- Se graficarán todos los Alzados del edificio, representando todos los elementos, incluso los situados sobre la altura reguladora (remate de chimeneas, castilletes de escaleras y ascensores).

- Secciones:

Escala mínima 1:100 (en viviendas 1:50) Se graficará una sección del edificio por cada escalera, acotada, señalando como mínimo las alturas de cada planta, la altura total reguladora y las rasantes interiores y exteriores de la parcela.

Planos específicos en el proyecto de ejecución:

- Cimentación, Replanteo, Saneamiento:

-Plano acotado a ejes de cimentación y con referencias claras a puntos fijos para el replanteo. Fijando cotas de niveles, arranque y enrase de zapatas y vigas riostras. Fijar las cotas y niveles de excavación.

-Plano con dimensionado de cimentación. Zapatas, encepados, losas, zanjas y vigas riostras. Acotando en el plano todos los elementos o bien en un cuadro anexo de todos ellos, con despiece acotado de armaduras.

-Plano de Detalles constructivos. Cuadro de características de materiales y niveles de control para cumplir la normativa; deberá incluirse en todos los planos de cimentación.

-Esquema de la red de saneamiento horizontal. Con dimensionado y diámetro de conductos, arquetas y fosas, con sentido y pendiente en % de la circulación de aguas. Se recomienda indicar las cotas de profundidad.

- Estructuras:

-Planos de Plantas: (acotados a ejes o caras de pilares). Todas las plantas diferentes, con representación detallada de todos los elementos estructurales, vigas, pilares, losas, muros, con huecos de paso, de patios, cajas de ascensores, chimeneas, etc.

Definiendo todos los perfiles metálicos o armadura correspondientes.

Los planos contendrán un cuadro de pilares.

Todos los planos de estructura de hormigón contendrán el cuadro de características de materiales y niveles de control, según la norma EHE.

-Planos de Forjados: En los mismos planos anteriores o en planos específicos definir tipos de forjados con sus características; indicando en todos los vanos los momentos flectores y el sentido del forjado. Asimismo se indicarán las armaduras de los negativos y el mallazo de reparto. Es aconsejable indicar en cada planta la sobrecarga de uso.

-Planos de Detalles: Con dimensiones y despieces de todos los elementos, perfiles y medios de unión, para la completa definición de la estructura.

- Planos de Oficios (albañilería, carpinterías, acabados, etc):

Comprobar que hay referencias de acabados y que el nivel de detalle es suficiente.

- Plano de Sección constructiva de fachada (escala 1:20):

Desde cubierta, a cota de cimentación. Chequear que las especificaciones son coherentes con las de mediciones o pliegos o bien hacer referencia a que se habrán de completar con lo indicado en mediciones o pliegos. Todo ello al efecto de no haber discrepancias entre lo indicado en planos, mediciones y pliegos.

- Instalaciones:

Se reflejan todas las instalaciones del edificio a nivel de esquema y con dimensionado y ubicación de sus elementos.

- Planos de Instalación de fontanería:

Ubicación de acometida: diámetro y llaves de corte. Tubo de alimentación (diámetro o caudal demandado).

Distribución de redes exteriores e interiores, definiéndose las secciones o caudal demandado en cada terminal.

Contadores (cuartos o armarios)

Grupo de presión y depósito

Calentadores

Montantes y sus diámetros

Bocas de incendios-Hidratantes

Equipos de manguera, etc

- Planos de Instalación de electricidad:

Se definen potencias o intensidades requeridas en los puntos de luz y tomas de corriente, o bien, se definen la sección de los hilos de los circuitos

Caja general de protección

Puesta a tierra

Línea repartidora

Centralización de contadores

Derivaciones individuales

Línea de escalera y mecanismos

Cuadros de protección secundarios

Mecanismos, puntos de luz y tomas de corriente.

- Planos de instalación de antena colectiva:

Situación de la antena

Puntos de tomas

- Planos de instalación de gas:

Acometidas

Cuadro de regulación



Ubicación de contadores
Depósitos
Puntos de consumo
Chimeneas de ventilación y rejillas

- o Planos de instalación de aparatos elevadores:

Planta del cuarto de máquinas
Sección vertical completa

- o Planos de instalación de ventilación:

Esquema de la red
Ubicación de maquinaria

- o Planos de instalación de calefacción:

Ubicación de calderas
Ubicación de depósitos de combustible
Ubicación de depósitos de acumuladores
Ubicación de vasos de expansión
Ubicación de chimeneas
Ubicación de radiadores

- o Planos de instalación de climatización:

Esquema red distribución de tubos, rejillas, fancoils o compresores, etc.
Ubicación torre de recuperación, unidades, condensadoras de bomba de calor, etc. Esquemas con dimensiones de conductos o demanda de calorías o frigorías por local.

- o Otras instalaciones:

Se incluirán los planos necesarios para la definición de la instalación específica.

CONCLUSIONES

La monitorización de proyectos (project monitoring) es un servicio profesional cuyo uso es habitual en los últimos años en promociones inmobiliarias con problemas y que han quedado paradas, como mecanismo de control externo por parte de las entidades financieras a la hora de terminar las obras. Si bien no está implantado de forma generalizada para obras de nueva planta, es previsible que una vez se vaya reactivando la actividad en el sector inmobiliario y se hayan constatado las ventajas que este sistema aporta, se use de forma más habitual y que los factores que son objeto de control en la actualidad, principalmente coste, plazo y pagos, se vayan aumentando a otros no considerados como claves desde el punto de vista de la rentabilidad de la inversión, pero que sí pueden afectar al normal desarrollo de la promoción. Dentro de este grupo de nuevos factores a controlar se debe encontrar la parte gráfica del documento del proyecto.

Referencias bibliográficas

Asociación Española de Dirección Integrada de Proyectos, 2006, *Libro blanco de la dirección integrada de proyecto en la construcción*, Aedip, Madrid.

De la Calzada, Emilio, 2010, 'El project se especializa en gestión de riesgos', *Metros2*, N° 199, pág. 13.

QualitrARQ, 2010, 'Minimizar los riesgos a través del Project Monitoring', Administrador de Qualitrarq, visitada 19 de agosto de 2010, <http://www.qualitrarq.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=36:minimizar-los-riesgos-a-traves-de-project-monitoring&Itemid=209&lang=es>

Vassili, Dafas, 2010, 'La gestión de riesgos en la construcción', QualitARQ 2010, visitado el 19 de agosto de 2010, <http://www.qualitrarq.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=22:la-gestion-de-riesgos-en-la-construccion&Itemid=209&lang=es>.

IMAGINARIOS ARQUITECTÓNICOS, BREVE INTRODUCCIÓN

David VALVERDE CANTERO

Universidad de Castilla-La Mancha
Escuela Politécnica de Cuenca
Departamento de Ingeniería Civil y de la Edificación
Grupo de Investigación URbedSO

Resumen

Esta comunicación pretende abordar, de manera introductoria, el papel de los imaginarios arquitectónicos.

El profético Marshall McLuhan y su fragmentada visión de la evolución humana marcan el inicio de la denominada "era visual" a raíz de la aparición de la escritura. La forma de percibir/transmitir el mundo cambia radicalmente y la percepción óptica adquiere un tiránico protagonismo frente a la paulatina atrofia de los demás sentidos.

En este contexto surgen paulatinamente herramientas gráficas -proyecciones ortogonales, perspectiva, fotografía, vídeo, nuevos medios...- que se encargan de reconfigurar nuestra visión de las obras de arquitectura.

La creación de imaginarios, también en arquitectura, ha sido históricamente omnímodamente controlada por las entidades detentoras de poder en cada uno de los periodos históricos pero ahora, en la era de los medios de masas, su calado es mucho mayor, vivimos rodeados de imágenes "prefabricadas" en las que no podemos distinguir el mensaje del medio.

ARCHITECTURAL IMAGINARIES, A SHORT INTRODUCTION

Abstract

This paper tries to approach, in an introductory way, the role of the architectural imaginaries.

Marshall McLuhan's prophetic reflections and his fragmented vision of the human evolution mark the beginning of the called one "visual age" immediately after the appearance of the writing. The way of perceiving/transmitting the world changes radically and the optical perception acquires a tyrannical leadership opposite to the gradual atrophy of other senses.

In this context gradually graphical tools -orthogonal projections, perspective, photography, video, new media...- arises and re-form our vision of architecture pieces.

The creation of imaginaries, also in architecture, has been historically controlled of all-embracing form by the power entities in each of the historical periods but now, in the age of the mass media, their fret is very much major, we live surrounded with "prefabricated" images and we cannot distinguish the message from the media.



INTRODUCCIÓN

De acuerdo a las proféticas teorías de Marshall McLuhan, y su segmentada concepción de la historia humana (1993), nos encontraríamos en la era "electrónica". Esta era, también conocida como la "aldea global", nacería con el invento del telégrafo en 1794 y su revolucionario surgimiento supondría el abandono de la era "visual", fruto de la aparición de la escritura. En esta nueva era desaparecerían el desequilibrio sensorial de la era anterior en la que la preeminencia de lo visual atrofiaba el resto de sentidos, pero en realidad vivimos la primacía de lo visual como herencia. Es decir nuestra forma de aprehender y contar el mundo es eminentemente visual.

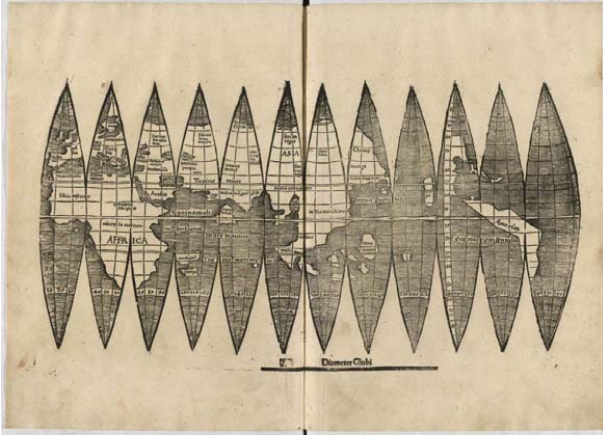


Fig 1. Mapamundi Waldseemüller de la Universidad Ludwig-Maximilians (LMU) de Múnich y fechado hace 500 años.

Podríamos hablar pues, refiriéndonos a la generación iconográfica, de "imaginarios" como de referentes colectivos, como el conjunto de mitos, formas, símbolos, tipos, motivos o figuras que existen en una sociedad en un momento determinado. Y para clarificar este último punto hay que recordar que una sociedad-cultura nunca se acaba de hacer, está en continua construcción o, mejor dicho, remodelación.

Un ejemplo de cómo están latentes estos imaginarios visuales en nuestro subconsciente podría ser el siguiente; pensemos, por no ir muy lejos de las referencias arquitectónicas, en la ciudad-icóno de nuestra dominante cultura occidental. Seguro que lo primero que se nos ha venido a la cabeza ha sido "Nueva York" para, inmediatamente sino al revés, ligarla con una fotografía en blanco y negro del skyline de Manhattan de, por ejemplo, Henri Silberman (Fig. 2) o en los deliciosos planos que nos regalaron Gordon Willis¹⁵ y Woody Allen en películas como "Annie Hall" o "Manhattan". Simplemente no podemos evitarlo, están ahí, forman parte de nuestro imaginario colectivo, de nuestra educación visual.



Fig 2. Icónica fotografía "Top view Bklyn Bridge (04)" de Henri Silberman.

¹⁵ Director de fotografía norteamericano y referente cinematográfico en los 70, destacando su colaboración en, aparte de las mencionado, la trilogía "El Padrino" de Francis Ford Coppola.

Por último, y en lo que respecta a la generación de imaginarios a partir de elementos individuales, resulta conveniente recordar unas reflexiones de Georges Didi-Huberman ¹⁶ en las que hacía alusión a la importancia del montaje de exposiciones y como, gracias a estos recursos compositivos, era capaz de enlazar conceptos mentalmente en el espectador, propiciando la generación de una conciencia panorámica, y de asignar nuevos significados a los objetos que forman parte de la muestra.

OBJETIVOS

Esta comunicación, sin ir más allá de la breve introducción/reflexión, pretende analizar el papel de los imaginarios arquitectónicos en la actual sociedad visual.

CONTENIDO

El poder/los imaginarios.

Como acabamos de ver la definición de imaginarios no es un tema trivial. Lograr delinear no sólo la iconografía sino también las costumbres, los valores, las prácticas y la forma de pensar de un colectivo es el sueño de cualquier dictador o empresa multinacional, pero, siendo optimistas, también puede ser el mecanismo para la creación de una sociedad mejor.

Una de las peculiaridades más peligrosas de los "imaginarios colectivos" es la natural inconsciencia con la son asimilados por individuos poco críticos como forma de autoafirmación y de potenciación del sentido de pertenencia a un grupo. Lo que quiere decir que el imaginario funciona como guía moral para identificar lo que está bien y lo que está mal.

Pero ese "imaginario colectivo" no surge de la nada sino que se trata de una construcción conjunta en la que intervienen los diferentes miembros del colectivo. Lo que ocurre, como resulta palpable, es que los grupos que disponen de mayores recursos, humanos, económicos, artísticos, mediáticos (Benjamin 1989, p. 56), hacen valer su posición de poder para imponer su "imagen" sobre las aportaciones de grupos más numerosos pero con menores posibilidades.

Además el establecimiento de un imaginario colectivo genera tendencias que se reflejan en el comportamiento tanto individual como colectivo y que, a su vez, retroalimentan al propio sistema, por lo que la definición de un imaginario está en continua mutación y depende tanto de un contexto como de un tiempo determinado. A raíz de esto resulta obvio que la definición del imaginario colectivo no siempre concuerda con la realidad, sino que suelen ser simplificaciones, en algunos casos malintencionadas, de la realidad y estar plagadas de estereotipos.

Un ejemplo bien claro de esta lucha por la construcción de un imaginario colectivo y las consecuencias que pueden acarrear lo constituyen los nacionalismos, y los resultados son evidentes; en cualquier lugar del mundo podemos encontrar a individuos dispuestos a morir/matar por defender ideas como "mi país", "mi religión" o "mi equipo de fútbol".

Imaginarios arquitectónicos.

Una vez que hemos clarificado qué son y cómo funcionan los imaginarios vamos a recurrir a un par de ejemplos ligados directamente al campo de la arquitectura para analizar el papel de dos iconografías ¹⁷ muy diferentes. Se trata de dos ejemplos antagónicos, por un lado la Alemania soñada por Adolf Hitler y por otro lado el Museo Guggenheim Bilbao de Frank O. Gehry.

Si hay algo que Adolf Hitler entendió muy bien desde el principio fue el papel de los incipientes medios de comunicación de masas como herramienta de "mercadotecnia" para la creación de imaginarios colectivos.

En sus más memorables discursos y escritos, Adolf Hitler pretendió explicar a sus seguidores y al mundo entero que, para él, Alemania no era sencillamente un país y que Berlín, su capital, debía brillar más que la misma Roma (Domínguez 2011, p. 53).

¹⁶ Realizadas en una entrevista de televisión y a raíz de su comisado en la muestra "Atlas. ¿Cómo llevar el mundo acuestas?" en el "Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía" de Madrid (entre mayo y enero 2011) y basada en el trabajo del historiador/teórico alemán Aby Warburg.

¹⁷ Conviene recordar que "icono" proviene del griego *eikon* y significa "imagen", es decir un ícono es una representación o imagen que sustituye a otra cosa, a una idea, a un sentimiento... y que guardan una relación natural con lo que representan. En nuestro caso además constituyen una parte esencial, que no la única, de los imaginarios arquitectónicos.



Para este fin encargó un proyecto de ciudad ideal, inspirado en sus propias ideas y bocetos, al arquitecto Albert Speer ¹⁸. La nueva Berlín sería rebautizada como "Germania" y, una vez terminada, superaría a cualquier ciudad del mundo en belleza. Berlín, en definitiva, debía ser elevada a la categoría de "capital del mundo" proyectándose que los trabajos estuvieran concluidos hacia 1950.

El comienzo de la II Guerra Mundial y el desenlace de la misma truncaron los sueños del dictador pero, antes de eso, Hitler hizo construir una imponente maqueta del nuevo Berlín (Fig. 3) en el que los edificios visualmente más importantes no eran sino las versiones gigantescas de otros edificios existentes en otras partes del mundo. Destaca la Gran Cúpula, una estructura similar a la del Panteón de Agripa o a la de San Pedro del Vaticano, pero de doscientos cincuenta metros de diámetro y doscientos de altura.

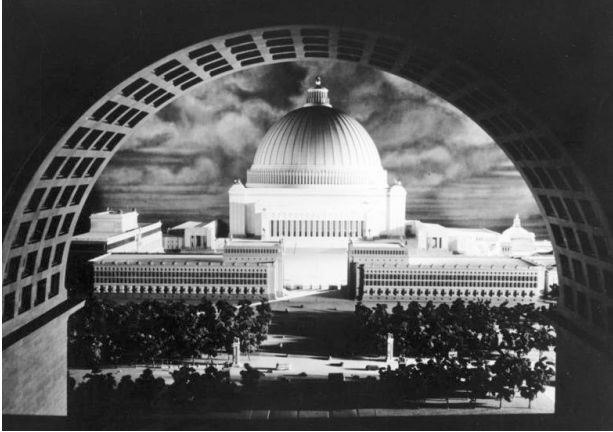


Fig. 3. Maqueta del Große Halle en la Alemania de Adolf Hitler.

El otro ejemplo, mucho más agradable y además de vinculación directa con las nuevas tecnologías empleadas en la representación de la arquitectura, es el del Museo Guggenheim Bilbao (Fig. 4) de Frank O. Gehry. En este caso tanto los gestores bilbaínos como la fundación Guggenheim supieron ver la oportunidad de cambiar la imagen de la capital vizcaína mediante una intervención puntual pero crucial.



Fig. 4. Vista del Museo Guggenheim Bilbao desde la ría.

Poco hay que decir que no se haya dicho ya sobre el "efecto Guggenheim" o sobre como todos los alcaldes de España intentaron repetirlo. Pero lo que ocurrió en Bilbao no es una estrategia nueva.

¹⁸ Se puede decir que Albert Speer fue el equivalente en arquitectura a Leni Reifenstahl en el cine propagandístico nazi y, aunque logró esquivar la pena de muerte en los juicios de Núremberg sí tuvo que pasar veinte años como colaborador del régimen nazi.

Sólo hay que visitar la reciente exposición titulada "Arquitecturas Pintadas"¹⁹ para comprobar cómo se vendía la imagen de las ciudades a través del "medio de comunicación de masas" de la época. Es decir cómo se empleaba la pintura como herramienta en la creación/transmisión de imaginarios en un mundo sin los actuales medios de comunicación. Además hay que recordar que a partir del Renacimiento, las artes cobraron una nueva dimensión que les llevó a ser valoradas por su calidad, su mensaje y su funcionalidad, en este caso pintura y arquitectura se fundieron en un lienzo²⁰.



Fig. 5. "Plaza de San Marcos de Venecia" de Canaletto (Venecia, 1697-1768).

Volviendo al caso Museo Guggenheim Bilbao de Gehry me gustaría destacar un par de citas para resaltar su valor como hito, pero primero hay que contextualizadas temporalmente y recordar que la inauguración del mismo se produjo en 1997 cuando las herramientas digitales estaban en ciernes.

Este Museo Guggenheim Bilbao de Gehry, como edificio construido, fue el revulsivo para quienes empezaban a tomar conciencia, especialmente por parte de los arquitectos más jóvenes, de lo digital²¹ como algo renovador además de útil y con un gran potencial creativo.

Es más, para algunos este edificio era el signo evidente de que la historia de la arquitectura entraba en una nueva etapa.

La potente lectura simbólica de este edificio se hace evidente en las palabras de Branko Kolarevic (2005):

Es probablemente el ejemplo mejor conocido de un edificio que captura el "Zeitgeist"²² de la revolución de la información digital, cuyas consecuencias para la industria de la construcción van a ser seguramente similares a las que comportó la revolución industrial: la era de la información, tal como anteriormente hizo la era industrial, está desafiando no sólo la forma en que construimos los edificios, sino también cómo los manufacturamos y construimos.

Mientras que para Massad y Guerrero (2001), con la materialización de este edificio, Gehry:

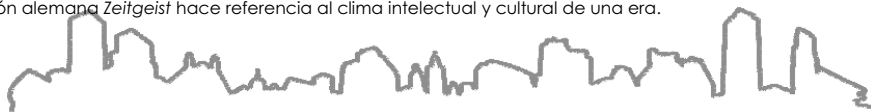
Se convertía en el primer arquitecto que, mediante la utilización de tecnología digital, había hecho posible la construcción de un edificio formalmente complejo cuya erección, en caso de haber carecido de la tecnología adecuada, habría sido difícilísima o, directamente, imposible [...] Este edificio es, por tanto, el primer edificio construido de la era tecnológica: creado por un arquitecto que no piensa en términos digitales y que trabaja con modelos reales y que emplea la tecnología a posteriori -escaneando sus maquetas en tres dimensiones con objeto de generar la información que permita su desarrollo constructivo-.

¹⁹ Realizada en el Museo Thyssen-Bornemisza de octubre de 2011 a enero de 2012 y en la que se dieron cita más de un centenar de lienzos de entre los siglos XIV y XVII firmados por autores como Ducio, Benedetto Bonfigli, Canaletto, Tintoretto, Piranesi, o Hans Vredeman de Vries.

²⁰ Con el "vedutismo", derivado de *vedutte* o vistas en italiano, como género pictórico típico del *Settecento* italiano dedicado al paisajismo urbano.

²¹ Cuyos retorcidos y curvilíneos volúmenes hubieran sido impensables sin la aplicación informática de modelado/cálculo de estructuras Catia concebida originalmente para la industria aeroespacial.

²² Nota propia: la expresión alemana *Zeitgeist* hace referencia al clima intelectual y cultural de una era.



La arquitecta como escritora de imaginarios.

Con la redacción/lectura de estos puntos espero haber clarificado la importancia de la arquitecta como figura necesaria en la definición de imaginarios, y no sólo en la de iconografías vacuas, pues está claro que una iconografía vacía nunca podrá formar parte de un imaginario colectivo positivo.

Lo que no está tan claro es el rol que debe jugar el arquitecto en esta labor, o al menos si debe tener un papel más anónimo y más crítico en esta labor. La posición de partida del arquitecto, a medio camino entre la ciencia y el arte, es apasionante. Pero todos conocemos los dispendios cometidos por algunos profesionales, especialmente en la última década y en este país, que no han hecho sino ensuciar la imagen del resto de profesionales que intentan ser útiles a la sociedad.

Estoy hablando de esos mal llamados "arquitectos estrellas" que, previo abono de su elevado caché con dinero público, se ponen a la disposición del alcalde de turno para satisfacer sus ganas de trascendencia sin importarles las necesidades reales de la sociedad. Hacen un flaco favor a la arquitectura y la sociedad.

En este sentido la proliferación de los "arquitectos estrellas", profesionales con un notabilísimo sentido comercial, demasiadas ganas de medrar y pocos escrúpulos, hace que sean utilizados como meras herramientas por los detentores del poder, como lo fue Speer por Hitler.

Sabemos del potencial de la arquitectura para mejorar el mundo y crear maneras diversas de estar en él y sabemos también del peligro de la misma en manos enfermas para destrozarnos nuestros modos de vida y paisajes.

Los nuevos medios/nuevos escenarios.

La representación histórica de los imaginarios arquitectónicos ha ido implementando paulatinamente los avances tecnológicos encarnados como herramientas gráficas -las proyecciones ortogonales, la perspectiva natural (Panofsky 1999) o la fotografía- para reconfigurar nuestra visión de las obras de arquitectura.

Con la irrupción de los nuevos medios digitales podríamos empezar a hablar de "arquitectura digital" pero, como sostiene Bruscato (2006, 25-26), debemos admitir, si queremos ser rigurosos, que el término "arquitectura digital" resulta impreciso. Sin duda sería más apropiado hablar de "arquitectura generada mediante técnicas digitales" o "en la que intervienen herramientas digitales". Sin embargo, el término "arquitectura digital" ha acabado siendo útil para designar aquellas arquitecturas en las que no solamente interviene lo digital -pues a fin de cuentas, eso sería hablar de la gran mayoría- sino, más específicamente, aquellas arquitecturas que en su uso de lo digital se quieren presentar como concepción avanzada del pensamiento y la praxis arquitectónicas. En estos casos concretos, lo digital adquiere una intervención activa y se convierte en eje/fundamento esencial.

Así pues el concepto "arquitectura digital" no debe ser considerado como un concepto monosémico. Con él podemos tanto aludir a proyectos de experimentación arquitectónica avanzada (Fig. 6) -cuyo territorio de generación, desarrollo, visualización y vivencia es el digital no es otro que el denominado "ciberespacio"²³-, como a proyectos construidos que han surgido de procesos de diseño llevados a cabo exclusivamente mediante herramientas digitales.



Fig. 6. "Turbulent topologies" de Markos Novak.

²³ Definido como porción de realidad virtualizada y de naturaleza efímera por Alcalá (2009, p. 95), o como el espacio virtual que se genera en el medio electrónico conformado por la confluencia de comunicación que se generan entre los millones de usuarios que acceden al ámbito de Internet y calificado como "alucinación consensual" por el escritor William Gibson quien así lo definió por vez primera en su obra "Neuromancer" (1984).

Es decir, con la implementación de los medios digitales, no solamente hemos ganado un practiquísimo instrumento para representar arquitectura, sino una potentísima herramienta para la experimentación arquitectónica y un nuevo escenario de trabajo, el "ciberespacio".

Está claro que esta nueva arquitectura "no física" se ha liberado de algunos de los condicionantes del mundo real como la ley de la gravedad, la escala, la normativa o los problemas derivados de la actual tecnología de materiales, pero exactamente igual que la arquitectura "tradicional" ha ido históricamente superando trabas con la invención del hormigón armado o con la implementación de medios informáticos para el cálculo de estructuras.

Por lo tanto las reglas del juego han cambiado, el escenario no es el mismo pero sí los objetivos de un arte que podríamos considerar como eminentemente funcional y que busca/debe buscar tanto albergar como proveer la coyuntura espacial necesaria para la actividad humana. Razón por lo cual no parece descabellado seguir hablando de Arquitectura -con mayúsculas- cuando mencionamos las "arquitecturas digitales", sino más bien al contrario, parece una cuestión de justicia semántica. Luego el papel de la arquitectura en el "ciberespacio" está más que justificado.

Para terminar, y antes de exponer las conclusiones finales, me gustaría cerrar con una reflexión de uno de esos pioneros que, en su día, decidió tomar las riendas y arquitecturar el "ciberespacio"; Vicente Gullart:

Reconocemos estar en una situación iniciática de una nueva realidad en el que las tecnologías de la información fomentan una forma de habitar un mundo en red, y en el que la arquitectura y las ciudades deben ser pensadas de una nueva manera.

Ahora es el momento de desarrollar las bases para la construcción de "realidades inteligentes" surgido de la interacción de personas, objetos y espacios, en el que la arquitectura y sus disciplinas asociadas pueden ser las integradoras de procesos y de sucesos de esta "metarealidad". Ante esta nueva situación, el arquitecto ya no puede ser un pasivo que resuelva problemas, sino más bien debería aceptar una nueva condición activa, propia de los estrategas, que generan preguntas al entorno y que anticipen líneas de acción. Cuya manera de actuar ya no se basa en la aplicación de un oficio aprendido y consensuado, sino en la innovación de los procesos proyectuales y en la aplicación de las nuevas técnicas y los materiales que ayuda a desarrollar. (GAUSA, GUALLART et al 2002, p. 11).

CONCLUSIONES

Me gustaría que esta comunicación contribuyera a sensibilizar sobre la importancia de los imaginarios, en este caso arquitectónicos, en la construcción social y el papel crucial que juegan los nuevos medios en una sociedad como la actual.

En este contexto el papel de la arquitectura debería asumir con responsabilidad y espíritu de servicio su función principal, pues como arte eminentemente funcional debe buscar tanto albergar como proveer la coyuntura espacial necesaria para la actividad humana.

Con independencia de la herramienta o del postulado teórico seguido queda claro que cuando hablamos de "arquitectura avanzada" estamos, apoyándonos de manera inexorablemente en las nuevas tecnologías digitales y como parte de la "arquitectura digital", experimentando no sólo la forma de "hacer" arquitectura sino de "pensar" y "contar" arquitectura.

En este sentido parece predecible el crecimiento del EEIC²⁴, que seguirán desarrollándose/expandiéndose y, en consecuencia, demandando cada vez un mayor número de especialistas en distintas áreas entre las que se deben encontrar, entre otros, los creadores de Arquitecturas.

²⁴ Espacio Electrónico de la Información y la Comunicación.



Referencias bibliográficas

- Alcalá, JR, 2009, *Ser Digital. Manual para náufragos de la cultura electrónica*. Ediciones de la Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Basilico, G, 2008, *Arquitecturas, ciudades, visiones. Reflexiones sobre la fotografía*, La Fábrica, Madrid.
- Benjamin, W, 1989, *Discursos interrumpidos I*, Taurus, Buenos Aires.
- BRUSCATO PORTELLA, U, 2006, *De lo digital en arquitectura*. Tesis en Arquitectura, Universitat Politècnica de Catalunya, Departament d'Expressió Gràfica Arquitectònica I, Barcelona.
- Campos Baeza, A, 2010, *Pensar con las manos*. Nobuko, Buenos Aires.
- Domínguez, SD, 2011, 'Berlín. La capital del Tercer Reich', *Memoria. Historia de cerca*, nº XL, pp. 53-60.
- Ferrer Forés, JJ, 2010, 'A través del dibujo', *Actas del X congreso de la Asociación de Profesores de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación APEGA*, vol. II, pp. 197-206.
- Farrelly, L, 2008, *Técnicas de representación*. Promopress, Barcelona.
- Gausa, M.; Guallart, V. et al, 2002, *Diccionario metápolis de arquitectura avanzada*, Actar, Barcelona.
- Jaeger, A-C, 2007, *Creadores de imágenes. Fotógrafos contemporáneos*, Editorial Océano, Barcelona.
- Krauel, J, 2010, *Arquitectura digital. Innovación y diseño*, Links, Barcelona.
- KOLAREVIC, B, 2005, *Architecture in the Digital Age: Design And Manufacturing*, Taylor & Francis, London.
- MASSAD, F & GUERRERO YESTE, A, 2001, *Arquitecturanimación*, Edicions COAC, Barcelona.
- McLuhan, M, 1993, *La Galaxia Gutenberg*. Círculo de Lectores, Madrid.
- Muñoz Cosme, A, 2008, *El proyecto de arquitectura: concepto, proceso y representación*, Reverté, Barcelona.
- Panofsky, E, 1999, *La perspectiva como "forma simbólica"*, Tusquets, Barcelona.
- Ruby, I & A. Ursprung, P, 2004, *Images. a Picture Book of Architecture*. Prestel, Munich.
- Ruiz, F, 2011, 'Y la obra se hizo cuadro. Arquitecturas pintadas', *Cercha*, nº 110, pp. 84-86.
- Sainz, J, 2009, *El dibujo de arquitectura. Teoría e historia de un lenguaje gráfico*, Reverté, Barcelona.
- Sanders, K y AIA, 1996, *The digital architect: a common-sense guide to using computer*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Tortajada Montañana, I, Latorre Carmona, P, Peris Fajarnés, G, 2006, *Expresió Gràfica i Infogràfia*, Editorial de la UPV, Valencia.

PÓSTERS_INVESTIGACIÓN GRÁFICA, EXPRESIÓN ARQUITECTÓNICA





ORATORIO NUESTRA SEÑORA DEL MAR EN SALOU (TARRAGONA). ANTONIO BONET CASTELLANA Y JOSEP PUIG TORNÉ (1961)

José Ramón DOMINGO MAGAÑA
Universitat Rovira i Virgili



Fig 1. Fotografía Cabo de Salou, 1961. Archivo Histórico del CoAC.



Fig 2. Centro Cívico Cala Crancs, 1961. Archivo Histórico del CoAC.

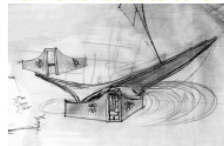


Fig 3. Croquis previo Oratorio, 1961. Archivo Histórico del CoAC.



Fig 4. Superficies de la cubierta en función de su geometría, 2011.

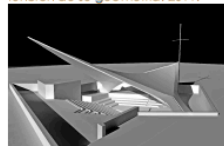


Fig 6. Modelo 3D según proyecto original, 2011. Imagen del autor.

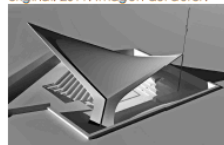


Fig 7. Modelo 3D según proyecto original, 2011. Imagen del autor.

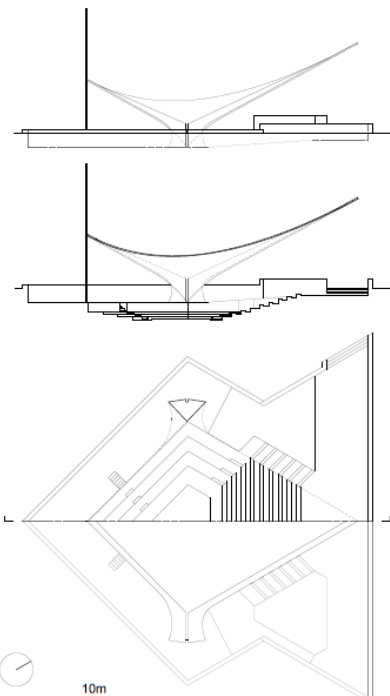


Fig 5. Planta, alzado y sección del Oratorio dibujados a partir de la información del proyecto original, 2011. Dibujo del autor.

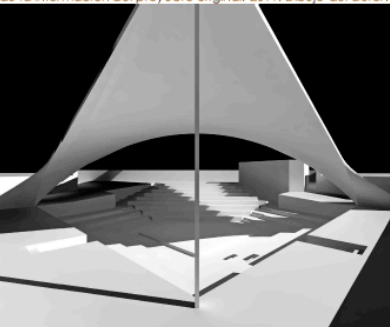


Fig 8. Modelo 3D según proyecto original, 2011. Imagen del autor.

INTRODUCCIÓN

En 1960 Antonio Bonet recibe el encargo de redactar el Plan Parcial y el Proyecto de Urbanización de la Urbanización Nuestra Señora de Núria en el Cabo de Salou (Tarragona). Además de la urbanización, la Compañía Urbanizadora encargó a Bonet y a Puig Torné la redacción del proyecto de Centro Cívico en Cala Crancs del que forma parte el Oratorio. Cuando Bonet y Puig Torné se enfrentaron al encargo, el Cabo de Salou era un lugar abrupto y deshabitado, con una cala paradisíaca.

OBJETIVOS

El objetivo principal del estudio será intentar comprender los mecanismos utilizados en el diseño del Oratorio y analizar cómo la propia forma resuelve problemas constructivos, de estabilidad y evacuación de aguas pluviales.

CONTENIDO

El Oratorio se concibe como un espacio exterior cubierto. La decisión de utilizar el paraboloides hiperbólico para cubrir el Oratorio permite resolver con la misma geometría la propia superficie de cubrición y al mismo tiempo su apoyo sobre el suelo. Con la utilización de diferentes superficies regladas, como las que corresponden con el canto de la losa y que se transforman en unas de las caras de los soportes, Bonet y Puig Torné consiguen una continuidad entre dichos soportes y la cubierta que dan al conjunto una elegancia muy notable.

CONCLUSIONES

La geometría tiene un papel fundamental en la concepción espacial y estructural de este Oratorio. La propia forma de paraboloides hiperbólico resuelve por un lado la cubrición del espacio, la posición y número de soportes y la posibilidad de utilizar un espesor de hormigón pequeño gracias a la propia inercia de la forma alabeada. La geometría de la cubierta resuelve además la evacuación de las aguas, que se conducen aprovechando el recrecido perimetral de la losa que estructuralmente funciona como una biga de borde.

Hay que destacar también el papel fundamental de la geometría en el diseño de las superficies de transición entre la cubierta y sus soportes. Estas superficies regladas confieren continuidad y unidad en el conjunto de la cubierta. Finalmente, concluir que el hecho de tratarse de un proyecto no construido, y del que no existe prácticamente información publicada, hace de él una obra inédita.





INVESTIGACIÓN GRÁFICA, EXPRESIÓN ARQUITECTÓNICA

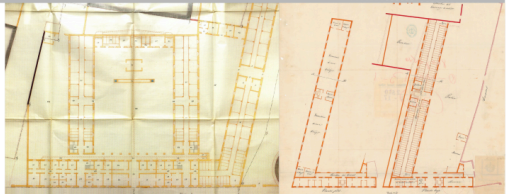
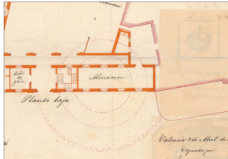
LA NUEVA FACHADA DE LA CIUDADELA DE VALENCIA. EL CUARTEL DE ARTILLERÍA. 1868-1956

Santiago LILLO GINER, Marta PÉREZ DE LOS COBOS CASSINELLO, Ángeles RODRIGO MOLINA
Universidad Politécnica de Valencia

PRIMEROS PROYECTOS

Tras la ejecución en 1861 de un edificio para cuarteles situado junto a la muralla del Llano del Remedio, la Ciudadela de Valencia sería objeto de nuevas intervenciones de ampliación que se concretaron en 1864 con un proyecto que pretendía ocupar la práctica totalidad de los terrenos situados entre ésta y el edificio de la Capitanía General.
El nuevo cuartel de caballería se componía de un total de cuatro edificios dispuestos alrededor de un patio central. El de mayor longitud se encontraba orientado hacia la Plaza de Tetuán, cerrando el espacio interior a la vía pública. Concretamente, el edificio de ampliación del cuartel alincherado de la Ciudadela se disponía paralelamente a su muralla, formando un ángulo de aproximadamente 80° respecto a la línea de fachada, de forma que entre éste y los edificios del cuartel de caballería se generaba un patio irregular.
El proyecto no preveía la alteración de ninguno de las dependencias de la antigua Casa de Armas ni, por consiguiente del baluarte de 1707, disponiendo al único cuerpo longitudinal que, adscribiéndose a los terrenos que debían expropiarse a su propietario Luis Corral, se unía al cuerpo de fachada del cuartel principal con un giro que lo enfrentaría a su testero. Posteriormente se venía sometido a algunas modificaciones. En 1867 se plantea una nueva propuesta cuyas obras darían comienzo un año más tarde. Se mantendría respecto a lo anterior el edificio longitudinal que debía albergar los cuartos, con la misma disposición, superficie, estructura y distribución. Sin embargo, en este nuevo proyecto aparece un nuevo cuerpo de una única crujía paralelo a la línea de fachada que se orienta a la Plaza de Tetuán y cierra el patio rectangular entre el nuevo cuartel y la muralla de la Ciudadela, sustituyendo al anterior que debía unirse con el cuartel de caballería.

La particularidad de este nuevo proyecto es que exigía para su ejecución el derribo del torreón de Santo Domingo, puesto que el edificio llegaba hasta los muros de la antigua Casa de Armas, a lo que quedaba adaptado en su vértice succional, generando entre ambos un giro de 170° aproximadamente.
Hacia el año 1868 el baluarte construido en 1707 sería demolido para edificar en su lugar las nuevas dependencias del cuartel de la Ciudadela. En el plano correspondiente al proyecto de ampliación de los cuarteles podemos comprobar la ubicación del torreón -grafado con línea discontinua- con respecto al nuevo edificio y al encuentro entre éste y la antigua Ciudadela. Terminada de esta forma la historia de un edificio que tras una existencia de poco más de un siglo y medio se había convertido en el símbolo del absolutismo y la represión borbónica en la ciudad.



Planta baja del primer proyecto de la ampliación del Cuartel Alincherado. Cuerpo de Ingenieros del Ejército. 1864. Archivo General Militar de Segovia
Segundo proyecto de la ampliación. Plano, perfil y vista de la reforma que se propone para mejorar el proyecto de ensanche del Cuartel Alincherado de la Ciudadela (detalle). 1867. Archivo General Militar de Madrid

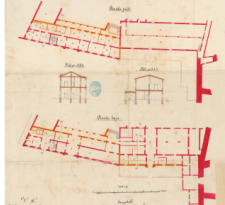
Ubicación del torreón en relación al nuevo edificio de cuarteles. Plano, perfil y vista de la reforma que se propone para mejorar el proyecto de ensanche del Cuartel Alincherado de la Ciudadela (detalle). 1867. Archivo General Militar de Madrid

NUEVAS PROPUESTAS

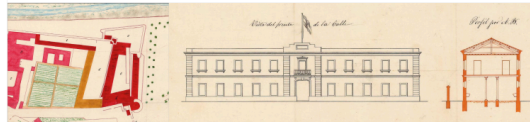
Plano general en que se manifiestan los emplazamientos elegidos para la construcción de un cuartel de Caballería y otro de Infantería y el que ocupan los cuarteles de Inf. de S. to Domingo y el de artillería montada de la Ciudadela (detalle). José Moreno. 1869. Archivo General Militar de Madrid.

Alzado principal y sección transversal. Plano, perfil y vista de la reforma que se propone para mejorar el proyecto de ensanche del Cuartel Alincherado de la Ciudadela (detalle). 1867. Archivo General Militar de Madrid

Planta baja, principal y secciones transversales. Plantas y perfiles de la parte del Cuartel Alincherado de la Ciudadela en que se proyecta la reconstrucción de los Cuerpos de guardia y el aumento de una crujía al interior de la fachada que forma morfillo con las cuartos nuevas. José Moreno. 1870. Archivo General Militar de Madrid



En el año 1870 nuevamente se introducen modificaciones en el diseño del edificio con la reubicación de un nuevo proyecto. En esta nueva propuesta se añaden una crujía en el edificio de fachada, nuevos cuerpos de guardia entre el muro de cerramiento y el antiguo cuartel de la Ciudadela y además se plantean algunos cambios en la distribución y en la zona de unión de ambos edificios, con la aparición de una nueva escalera.
El nuevo programa incluía dos accesos, uno al patio y otro que daba paso a la escalera, cochero, cuartos y habitación de criados del pabellón del Coronel; un almacén, escuela y galería posterior en planta baja. En la planta superior se encontraba el pabellón del Coronel, la antecámara y cuartos de escribanos, antecámara de oficiales, despacho del Coronel, despacho del Teniente Coronel y dormitorios de tropa.

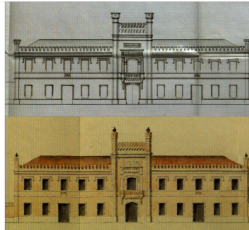


De esta forma se modifica, además de la distribución en planta, la estructura de los dos edificios de los que constaba el proyecto, cuyo forjado intermedio quedaba sustentado por los muros de carga de fachada y por dos pórticos apoyados sobre sencillos flos de pilares entre los que se disponía el patio central. La estructura de cubierta estaba constituida a base de cerchas de madera apoyadas en los muros de fachada. En su fachada posterior se disponía una galería destinada al pabellón del Coronel.
La fachada principal también se verá modificada. Inicialmente diseñada era de corte académico, sobrio y sencilla, característica de la arquitectura militar. Contaba con un zócalo de piedra y se articulaba mediante una serización de un mismo módulo de huecos alineados verticalmente, marcando la división de sus dos plantas mediante una cornisa intermedia. El acceso principal quedaba enfatizado por un vano de entrada de mayor tamaño con arco escarzano, sobre el que se disponía una balconada de hierro enmarcada con ornatos de relieve almohadillado. El conjunto quedaba rematado por un frontón escalonado.

LA FACHADA DEFINITIVA

Al contrario que las modificaciones que planteaba el proyecto de 1970 para el edificio de fachada, que si se llevaron a término, la ejecución de los cuerpos de guardia frente al cuartel antiguo de la Ciudadela sería adelantada hasta años más tarde, cuando además se modificara el trazado del muro de cerramiento exterior para alinearlo con la fachada del nuevo cuartel. Como vemos en la fotografía del año 1894, una vez construido el nuevo Cuartel de Artillería, los terrenos situados frente a los edificios de la Casa de Armas permanecían sin ocupar, generando un espacio ajardinado en esquina que sería delimitado por una valla con mureto bajo de fábrica de ladrillo. El acceso también había sido modificado. Se construyó frente a la puerta principal un volumen cúbico con cubierta a dos aguas y remate almenado enfrentado al acceso exterior.
Efectivamente, como podemos comprobar, la fachada que incluye el proyecto de 1867 tampoco es la que definitivamente se construyó. A pesar de que no se ha podido localizar el proyecto original, atribuido al arquitecto Manuel Corina, sí contamos con dos levantamientos de los años 1909 y 1927, correspondientes al "Proyecto de reparación de los fachados del Cuartel de Artillería" y al "Proyecto de reforma de parte del Cuartel de la Ciudadela para la regulación de la Plaza del Marqués de Estella", respectivamente.

Aunque en esta última versión del proyecto se mantienen el número de vanos, la división horizontal de las plantas y el zócalo de piedra, la solución de Corina es formalmente muy diferente, muy alejada del academicismo de la propuesta inicial y con ciertos matices neogóticos, en alusión directa al edificio de la Lonja. En este caso, la fachada se compone también por la serización de un mismo módulo de huecos alineados, aunque a los superiores se les añade un nuevo motivo ornamental -telares como los que podemos encontrar en las ventanas del Consulado del Mar-. En los cuerpos laterales, rematados por almenas, se han añadido dos nuevos vanos de acceso. El cuerpo central adquiere ahora un mayor protagonismo, destacando en altura sobre el resto del edificio, a modo de torreón almenado flanqueado por dos torrecillas que, al igual que en las plantas de los extremos, se apoyan en su parte superior con bolas de acero, alusivas al símbolo del arma alojada en el cuartel.



Cuartel de artillería. A. Espigas. 1894. Colección José Huguet. Biblioteca Valenciana
Cuartel del 8º Regimiento de Artillería ligera. L. Robín. Colección José Huguet. Biblioteca Valenciana

Alzado (detalle). Proyecto de reforma de parte del Cuartel de la Ciudadela para la regulación de la Plaza del Marqués de Estella. 1927. Archivo General Militar de Segovia

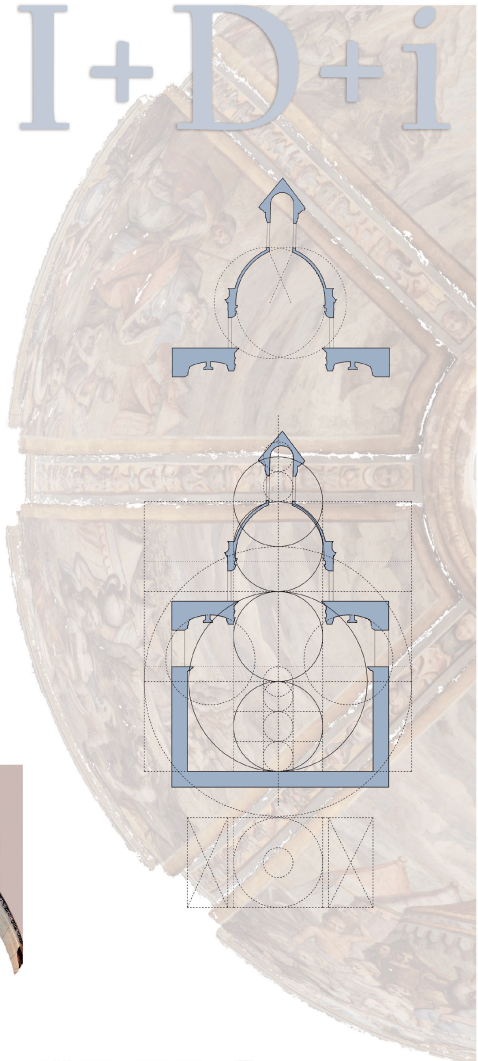
Fachada de la Gaieteta (detalle). Proyecto de reparación de los fachados del Cuartel de Artillería. 1909. Archivo General Militar de Segovia



TRAZAS DE LA CÚPULA DE LA IGLESIA DEL PATRIARCA DE VALENCIA

Juan Carlos Navarro Fajardo, Luis Palmero Iglesias, Jorge Francisco Martínez Piqueras
Universidad Politécnica de Valencia. Instituto de Restauración del Patrimonio

Plan Nacional I+D+i HAR2009-13684



1077





IL DISEGNO DELLE ARCHITETTURE MILITARI. LE TORRI COSTIERE SPAGNOLE DEL CINQUECENTO

Sandro PARRINELLO

Università degli Studi di Pavia (Italia)

Silvia BERTACCHI

Università degli Studi di Firenze (Italia)



PRESENTAZIONE

Per gli ingegneri militari del secolo XVI, il disegno e la geometria risultano essere un fondamentale strumento progettuale, attraverso il quale, a partire dalla forma perfetta delle figure regolari, vengono elaborate le planimetrie di edifici difensivi efficienti in ragione della funzione bellica. In questa ricerca vengono prese in esame le torri di pianta esagonale progettate da Giovanni Battista Antonelli, ingegnere militare di origine italiana che opera al servizio della Spagna di Filippo II, analizzando in particolare la documentazione grafica originale.

La Torre de la Azohia

La Torre de la Navidad

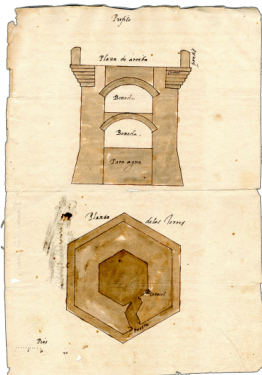


Due esempi di torri esagonali di epoca tardo cinquecentesca ancora esistenti nella regione di Murcia, nel litorale nei pressi del porto di Cartagena: la Torre de la Azohia, recentemente restaurata, e le rovine della Torre de la Navidad.

LA SINTESI GRAFICA

Lo schema grafico per la progettazione di una torre generica in *tapial sintetizado*, mediante il disegno, tutte le indicazioni dimensionali necessarie al proporzionamento complessivo delle parti architettoniche. Il disegno ha riferimento metrico in piedi spagnoli, e propone un esagono che rappresenta la planimetria della torre, nelle cui sei porzioni le misure ed alcune brevi note esplicative coadiuvano la comprensione del progetto.

Archivo Municipal de Lorca, Legajo monográfico torres de la marina, año 1578. Disegni attribuiti a Giovanni Battista Antonelli.

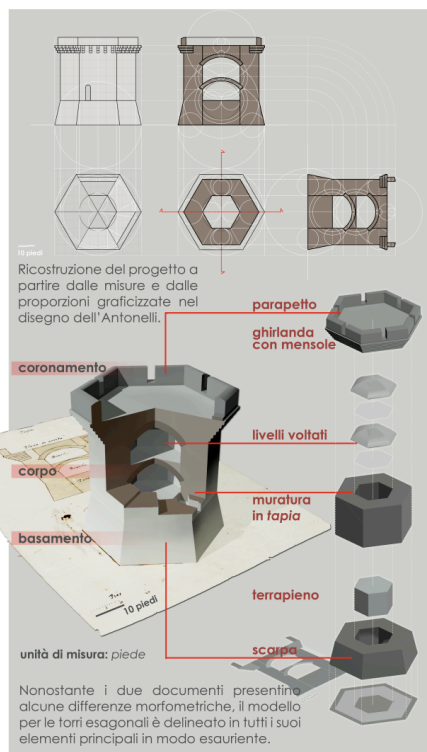


IL PROGETTO

Il modello della torre è graficizzato in proiezioni ortogonali tramite una pianta all'altezza dell'accesso al primo livello, ed una sezione trasversale condotta nella mezzera del lato dell'esagono di base.

Il progetto prevede pareti spesse e scarpa basamentale, un'eventuale cisterna al piano basso per la raccolta dell'acqua potabile, due livelli interni voltati ed una piazza superiore per l'artiglieria, ampliata tramite una ghirlanda sorretta da mensole; protetta dal parapetto.

LA RICOSTRUZIONE VIRTUALE



Ricostruzione del progetto a partire dalle misure e dalle proporzioni graficizzate nel disegno dell'Antonelli.

Nonostante i due documenti presentino alcune differenze morfometriche, il modello per le torri esagonali è delineato in tutti i suoi elementi principali in modo esauriente.



INVESTIGACIÓN GRÁFICA, EXPRESIÓN ARQUITECTÓNICA



SUPERFICIES SINGULARES DEL ÁGORA

Pau RUIZ TAMARIT

Universidad Politécnica de Valencia



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
INGENIERÍA DE
EDIFICACIÓN



El Ágora, último edificio de la ciudad de las Artes y las Ciencias, es también la última obra realizada por Santiago Calatrava hasta el momento en la ciudad. Y que según el proyecto original queda por finalizar.

El estudio del mismo se inicia en el trabajo realizado para el proyecto final de grado "Ágora Interior" dentro del Taller 14: Superficies Arquitectónicas Singulares, impartido en la ETSIE, bajo la supervisión de Ratael J. Ugorri Tomás y Francisco Sánchez Sampedro, arquitectos y profesores de la escuela en el departamento expresión gráfica arquitectónica.

La morfología del espacio interior fue la responsable de la elección de las superficies del Ágora como objeto de estudio. Ésta evoca formas orgánicas como un cetáceo o gaudinianas como a las golas de la Casa Batlló. Los objetivos marcados por el estudio son los mismos que los marcados por el taller en el que se inicia, análisis morfológico, geométrico, estructural y constructivo de las superficies que conforman el interior del Ágora. Se busca entender y analizar la forma elegida para acometer el proyecto demandado por la administración, desde un punto de vista técnico.

Los resultados del estudio, son fruto de comprobaciones de hipótesis con programas de dibujo vectorial de los planos del proyecto de ejecución, entrevistas con el estudio de arquitectura de Santiago Calatrava, técnicos de la UTE constructora y análisis de distintas fuentes documentales.

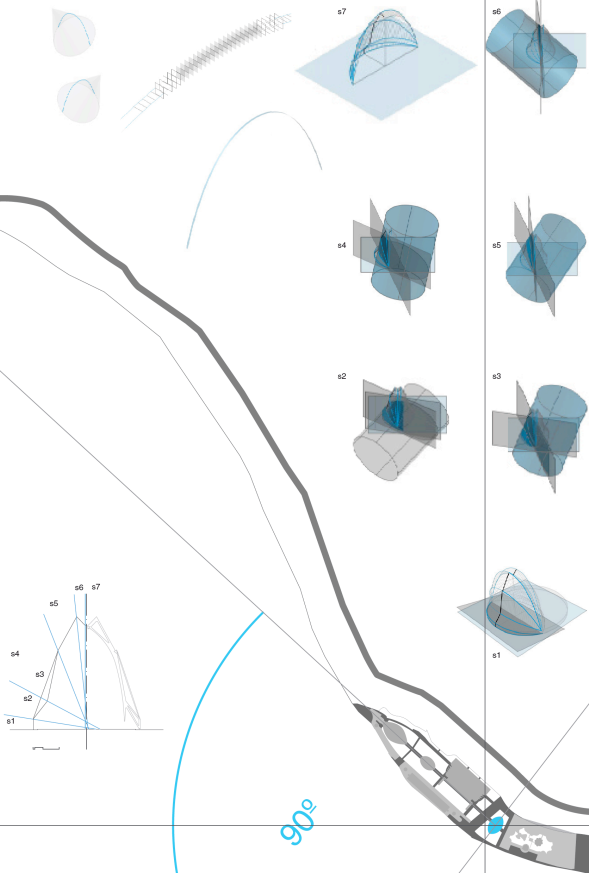
Cilindros y una superficie de plano director se unen para dar lugar a la volumetría externa y la definición del espacio interno del edificio. Siete superficies en total definen prácticamente toda la obra visible desde el exterior. Todas las curvas encontradas entre las distintas intersecciones entre superficies son elipses.

El funcionamiento de un edificio con esta forma y geometría, reside en 49 pórticos de acero que descansan sobre dos grandes arcos centrales. Tanto arcos como pórticos se asemejan en forma a antífuniculares trabajando a compresión y transmitiendo los esfuerzos a la cimentación de losa y pilotes.

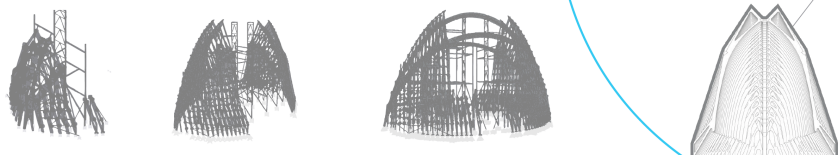
La materialización de la obra es posible, en parte importante gracias a un sistema de andamio modular que crece a medida que avanza la obra, adaptándose a la misma y posibilita la unión de las piezas prefabricadas de acero que componen los arcos y pórticos de la estructura del Ágora. También son responsables las torres de apeo en buena medida que sustentan los semipórticos hasta su descarga sobre los distintos arcos.

La elección en fase de diseño de formas geométricas puras, ayudan a su transposición a planos de ejecución funcionales y con un cálculo más exacto. También posibilitan una prefabricación más ágil, que a su vez deriva en obras con unos plazos de producción más cortos. Por todo esto, la geometría es un aspecto a tener muy en cuenta en el futuro, para conseguir obras más productivas y generalmente más económicas.

Documentar si se ha buscado o no seguir estas geometrías en las formas arquitectónicas y los aciertos o perjuicios derivados de esto, ha sido también objeto de la investigación, y es labor investigadora de técnicos en el pasado y en la actualidad. La asimilación de estas conclusiones y reflexiones mejorará, la calidad de la profesión y de las obras que se realicen en el futuro con estas premisas.



1081





ANFORE 3D: Taller para la mejora de las habilidades espaciales

Jorge de la TORRE CANTERO, Jose Luis SAORIN PEREZ, Norena MARTIN DORTA, Rosa E. NAVARRO TRUJILLO
Universidad de La Laguna



Universidad de La Laguna
Departamento de Expresión Gráfica en Arquitectura e Ingeniería

TALLER 3D
Análisis de las Formas y su Representación
(Software 3D, Dispositivos Móviles y Realidad Aumentada)

¿Qué es ANFORE 3D? www.anfore3d.com

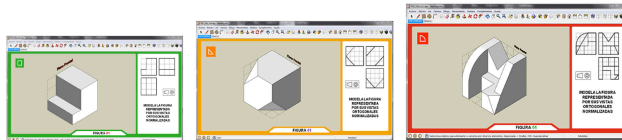
Home | Guías | Ejercicios del Taller 3D | Módulos Adicionales | Créditos

Es un recurso didáctico multiplataforma (Windows, Mac Os, Linux, iOS y Android), multisorte (PC/Mac, Tabletas Digitales y Smartphones) y multiformato (pdfs, videos, modelos 3d, realidad aumentada, ...) con el objeto de facilitar el aprendizaje de conceptos gráficos y desarrollar competencias, entre ellas las asociadas a la Capacidad de Visión Espacial incluidas en los títulos de grado en el ámbito de las ingenierías del EEES. Se propone una estructura metodológica que permite combinar varias tecnologías: procedimientos clásicos de lápiz y papel, software de modelado en tres dimensiones, Realidad Aumentada, Tabletas Digitales y Smartphones.

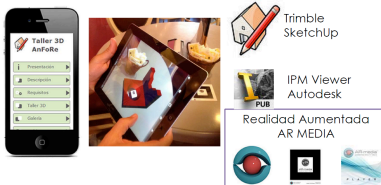


TALLER ESCALABLE

El Taller está diseñado en dos Fases con tres niveles de dificultad en cada una. De esta forma se puede adaptar a múltiples opciones educativas. Ha sido probado de manera muy satisfactoria en todos los niveles de E.S.O. y Bachillerato, en Ciclos Superiores, en diversos Grados en Ingeniería (Náutica, Mecánica, Electrónica, Informática, ...) y en el Grado de Bellas Artes.



FASE	PRÁCTICAS/NIVEL	LOGO	DESCRIPCIÓN	
FASE DE INICIACIÓN	PRÁCTICA 1.1		Crear modelos 3D a partir de piezas de aluminio/realidad aumentada.	
	PRÁCTICA 1.2 Crear modelos 3D a partir de perspectivas isométricas de figuras	NIVEL A		24 figuras inscritas en una rejilla de 3x3x3 con sus caras paralelas a los planos coordenados
		NIVEL B		24 figuras inscritas en una rejilla de 4x4x4 que además incluyen caras inclinadas
		NIVEL C		24 figuras inscritas en una rejilla de 5x5x5 que además incluyen caras curvas
FASE DE PERFECCIONAMIENTO	PRÁCTICA 2.1 Crear modelos 3D a partir de las vistas normalizadas de figuras	NIVEL A	24 figuras inscritas en una rejilla de 3x3x3 con sus caras paralelas a los planos coordenados	
		NIVEL B	24 figuras inscritas en una rejilla de 4x4x4 que además incluyen caras inclinadas	
		NIVEL C	24 figuras inscritas en una rejilla de 5x5x5 que además incluyen caras curvas	

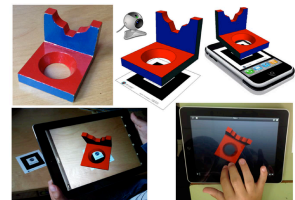


FORMATOS DE EJERCICIOS

Este Taller pone a disposición distintos formatos de ejercicios sobre distintos soportes o dispositivos. Los enunciados se presentan como modelos 3D en Realidad Aumentada para PC/Mac y para iPad, modelos 3D para visualizar en cualquier dispositivo móvil (iOS y Android), Plantillas Digitales en formato SketchUp y Plantillas Digitales en formato pdf. Para la realización de los ejercicios existen Plantillas Digitales en formato SketchUp y Plantillas Digitales en formato pdf.

MODELOS DIGITALES CON INTERACCIÓN GESTUAL

El manejo de modelos físicos ha demostrado ser útil para el desarrollo de habilidades espaciales en los estudiantes. En el entorno web no se pueden utilizar los Modelos Corpóreos para realizar la Práctica 1.1 de la Fase de Iniciación. Por lo tanto se proponen alternativas digitales que simulen la interacción con modelos reales. En este caso se puede escoger entre modelos 3D en Realidad Aumentada (tanto para PC/Mac como para dispositivos móviles iOS) y Modelos 3D en dispositivos móviles (Android e iOS) utilizando un Visualizador Interactivo.



www.anfore3d.com





INVESTIGACIÓN GRÁFICA, EXPRESIÓN ARQUITECTÓNICA

ENTORNOS BIM PARA EL ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

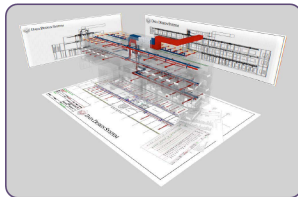
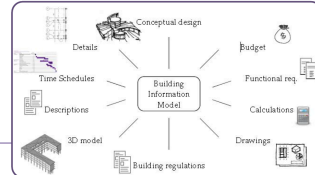
Norena MARTIN DORTA, Jorge de la TORRE CANTERO, Jose Luis SAORIN PEREZ
Universidad de La Laguna



¿Qué es BIM (Building Information Modeling)?

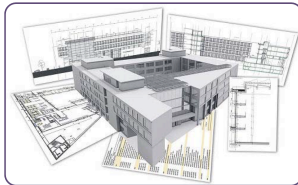
"Es una nueva plataforma tecnológica que integra arquitectura, ingeniería y construcción. El modelado de información para la edificación, es una única base de información del diseño y proceso de construcción con información paramétrica de cada uno de los elementos y componentes que conforman el proyecto".

René Lagos Engineers



"Abarca todo el proceso de diseño y gestión de toda la información a lo largo del ciclo de vida del edificio. No sólo es un simple modelo 3D en un ordenador, el Edificio Virtual contiene además con gran detalle información adicional sobre los materiales del edificio y sus características. Es una base de datos tridimensional que hace un seguimiento de todos los elementos que componen el edificio. Esta información puede incluir área y volumen de superficies, propiedades térmicas, descripciones de las habitaciones, precios, información sobre especificaciones de producto, ventanas, puertas y acabados, y más".

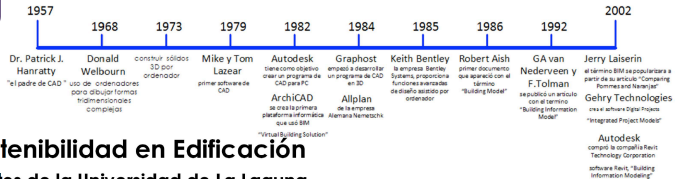
Graphisoft



BIM, más que una tecnología, es una metodología de trabajo ya que evita tener que dibujar planos, cortes y elevaciones como se hacía hasta hace poco en Cad. Y agrega que "otro cambio importante es que sin trabajo manual de dibujo se amplía la capacidad productiva de la oficina. Personalmente, creo que es una ventaja dejar de hablar una lengua artificial que era "Autocadés" con sus "polylines", "offsets", "trims" para volver a hablar en "arquitectés" paredes, pisos, puertas, ventanas.

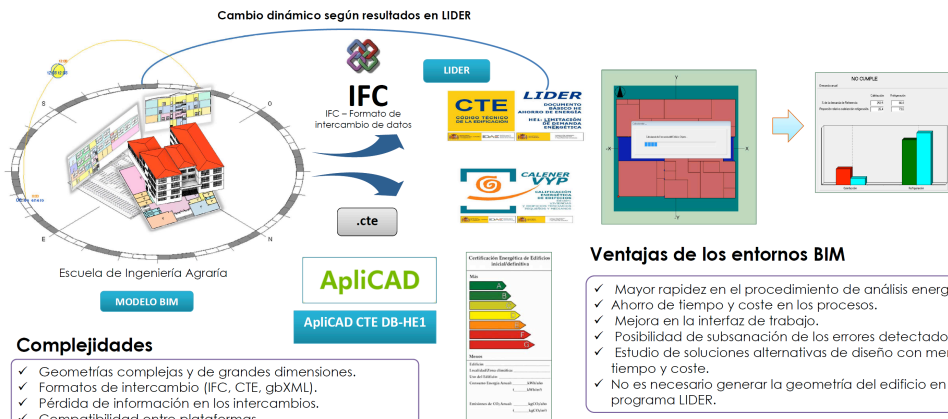
Luiz Contier, Contier Arquitectura Ltda.

Evolución Histórica del BIM



BIM en el análisis de Sostenibilidad en Edificación

Caso de Estudio: Edificios Docentes de la Universidad de La Laguna



Complejidades

- ✓ Geometrías complejas y de grandes dimensiones.
- ✓ Formatos de intercambio (IFC, CTE, gbXML).
- ✓ Pérdida de información en los intercambios.
- ✓ Compatibilidad entre plataformas.
- ✓ Exigencias de la normativa vigente.

Ventajas de los entornos BIM

- ✓ Mayor rapidez en el procedimiento de análisis energético.
- ✓ Ahorro de tiempo y coste en los procesos.
- ✓ Mejora en la interfaz de trabajo.
- ✓ Posibilidad de subsanación de los errores detectados.
- ✓ Estudio de soluciones alternativas de diseño con menor tiempo y coste.
- ✓ No es necesario generar la geometría del edificio en el programa LIDER.



LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA EDIFICACIÓN: APLICACIÓN PRÁCTICA DE LOS SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN

Jordi LLORET i BOSCH - Francisco Javier SANCHIS SAMPEDRO

Universidad Politécnica de Valencia
 Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica



1 | 2

La comunicación pretende mostrar la experiencia llevada a cabo el curso 2011-12 en la asignatura de Geometría Descriptiva en la ETS de Ingeniería de Edificación de la Universidad Politécnica de Valencia. Vamos a realizar una presentación esquemática del contenido de la misma:

EL PUNTO DE PARTIDA. Los alumnos que ingresan en la actualidad en la universidad están formados en el entorno de las nuevas tecnologías, con poca y en ocasiones inexistente visión espacial y gran desconocimiento de los fundamentos de los Sistemas de Representación de aplicación más habitual en la Arquitectura. A esto hay que añadir que tienen una predisposición negativa hacia la asignatura de Geometría Descriptiva por considerarla obsoleta, por contenidos y metodologías empleadas, y poco práctica desde el punto de vista profesional.

EL OBJETIVO. Motivar a los alumnos y eliminar prejuicios respecto de la asignatura. Hacerles entender que el dominio de los Sistemas de Representación es condición "sine qua non" para la comprensión y difusión del espacio arquitectónico, en fase de proyecto y en su posterior puesta en obra.

EL PROYECTO. Utilizando las técnicas convencionales del Dibujo Técnico (lápiz, escuadra, cartabón, compás y cartón-pluma) se propuso la representación de unos volúmenes que simulaban una vivienda unifamiliar aislada, posteriormente se les planteó su cubierta con cubierta inclinada, y para finalizar, que realizaran la implantación de ésta en un terreno dado.

LA EXPERIENCIA. Al tratarse de una asignatura de primer curso se decidió organizar el aula por equipos de trabajo, de manera que también se podía trabajar esta competencia tan necesaria en el mundo laboral actual. El número máximo de alumnos debía de ser cuatro por equipo, los cuales fueron seleccionados por el profesor en función de los diferentes potenciales y personalidades que mostraban sus alumnos. Con este criterio se consiguió la máxima diversidad e interrelación dentro de cada equipo. El profesor tutorizó el seguimiento de los trabajos, proponiendo posibles soluciones a medida que surgían dudas dentro de cada equipo, pero dando a estos plena autonomía de decisión para la representación de la vivienda y los datos a utilizar.

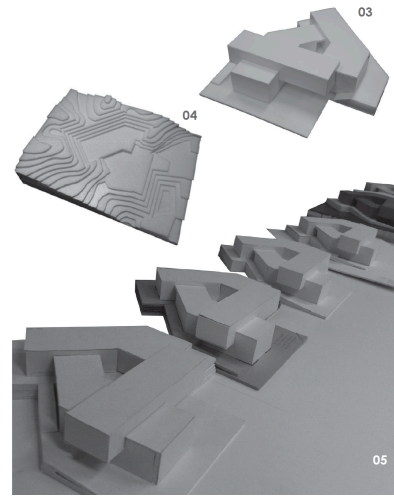
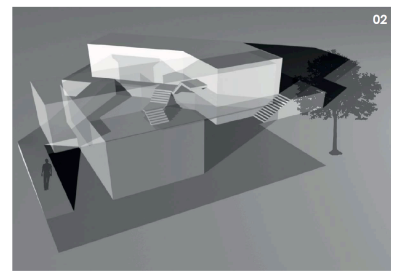
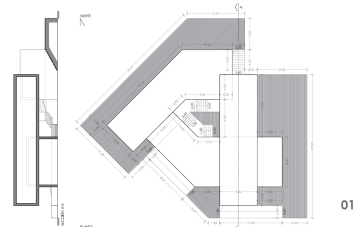
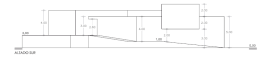
El trabajo consistió en la elaboración, por parte de cada equipo, de dos portafolios.

La primera parte del trabajo tenía como base de partida una planta, un alzado y una sección de la vivienda propuesta, y se pedía la representación volumétrica de la misma utilizando para ello los Sistemas Diédrico (alzados y secciones), Axonométrico (ortogonal y oblicuo) y Cónico, así como la realización de una Maqueta a escala 1:100.

La segunda parte del trabajo abordaba la aplicación práctica del Sistema Acotado en la representación de la Arquitectura. Los trabajos a realizar en esta parte eran dos: El primero de ellos consistía en cubrir los volúmenes anteriores con cubierta, a modo de resolución de un encargo profesional. Partiendo de la maqueta construida a escala 1:100, cada equipo debía proponer una solución propia de cubierta mediante planos inclinados (pendientes distintas, aleros a diferente nivel,...). Una vez resuelta y definida "en papel" debía construirse y montarse sobre la maqueta de la primera parte del trabajo; En el segundo ejercicio el alumno debía de ser capaz de modificar la topografía de una parcela mediante Desmontes y Terraplenes, con el objetivo de implantar la vivienda. Se facilitó a los alumnos la planta de un terreno con curvas de nivel y un camino principal con una pendiente definida. Cada equipo proponía el emplazamiento de su vivienda, debiendo conectarlo a través de un camino secundario, al camino principal. Las pendientes de los desmontes y terraplenes se dejaban a elección de los alumnos. La pendiente del camino de conexión estaba limitada al 15%, pudiendo ser igual o inferior a este valor.

LOS RESULTADOS. Del análisis de los resultados podemos extraer las siguientes conclusiones:

- Ha resultado una actividad de gran interés. Se ha conseguido una mayor motivación de los alumnos hacia el estudio de la asignatura ya que han visto una aplicación directa de los conceptos impartidos en la asignatura.
- La realización de la actividad en grupos, dejando la responsabilidad de la organización y tan sólo marcando las entregas finales, ha perjudicado al objetivo final y ha hecho que el interés por el trabajo fuera disminuyendo a lo largo del cuatrimestre. Quizá los alumnos de primer curso y en primer cuatrimestre no están preparados para asumir este tipo de responsabilidad.
- El perfil del alumno que trabaja o que tiene carga familiar se ha visto claramente perjudicado por la metodología grupal del trabajo.
- La evaluación por parte de los profesores ha resultado complicada debido a la disparidad de soluciones a los ejercicios que se han dado. La dualidad en la evaluación grupo/individual ha resultado también difícil de delimitar.



1087



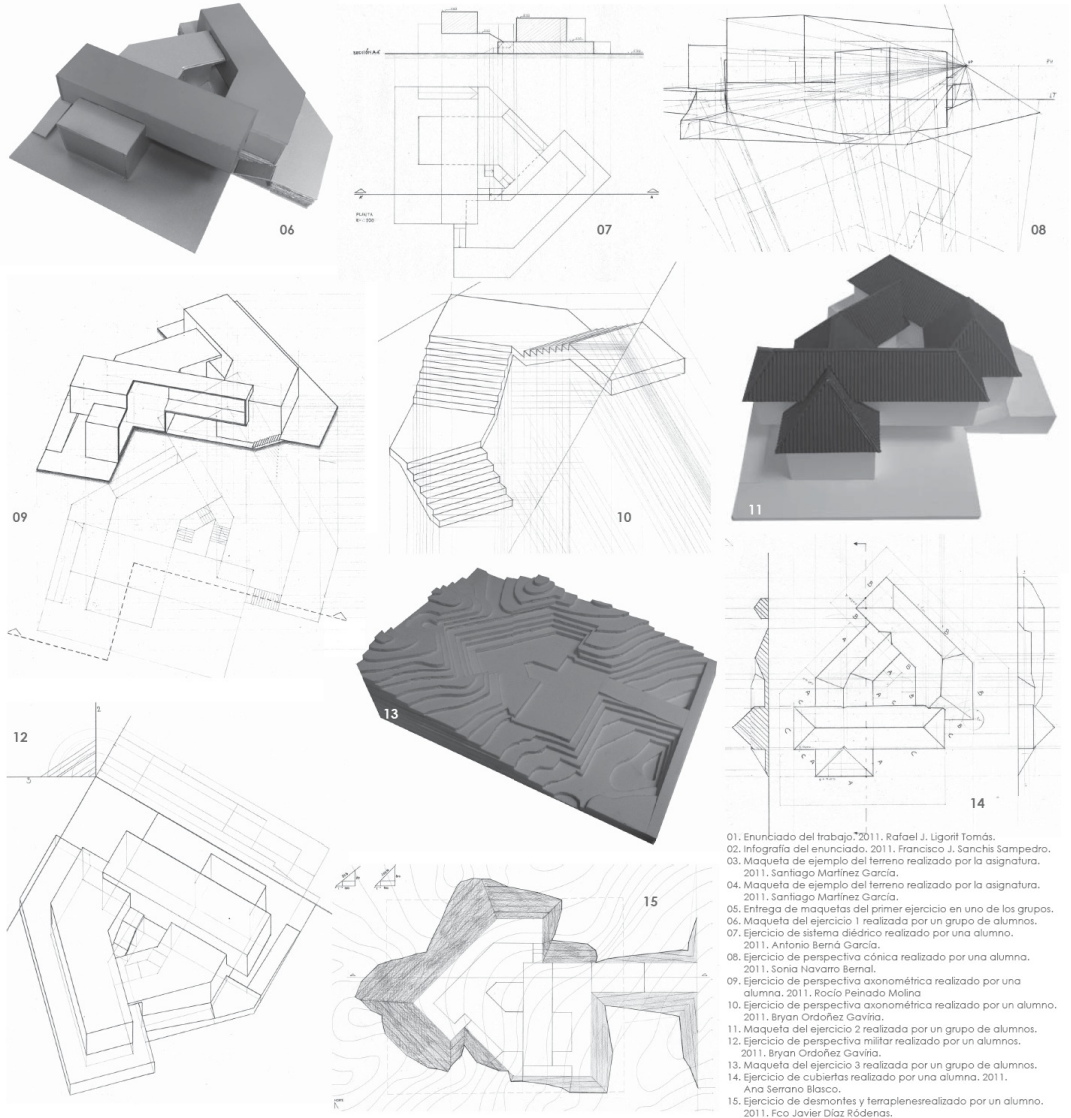


LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA EDIFICACIÓN: APLICACIÓN PRÁCTICA DE LOS SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN

Jordi LLORET i BOSCH - Francisco Javier SANCHIS SAMPEDRO

Universidad Politécnica de Valencia
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica

2 | 2



1089

01. Enunciado del trabajo. 2011. Rafael J. Ligotti Tomás.
02. Infografía del enunciado. 2011. Francisco J. Sanchis Sampedro.
03. Maqueta de ejemplo del terreno realizado por la asignatura. 2011. Santiago Martínez García.
04. Maqueta de ejemplo del terreno realizado por la asignatura. 2011. Santiago Martínez García.
05. Entrega de maquetas del primer ejercicio en uno de los grupos.
06. Maqueta del ejercicio 1 realizada por un grupo de alumnos.
07. Ejercicio de sistema diédrico realizado por un alumno. 2011. Antonio Berná García.
08. Ejercicio de perspectiva cónica realizado por una alumna. 2011. Sonia Navarro Bernal.
09. Ejercicio de perspectiva axonométrica realizado por una alumna. 2011. Rocío Peinado Molina.
10. Ejercicio de perspectiva axonométrica realizado por un alumno. 2011. Bryan Ordoñez Gaviria.
11. Maqueta del ejercicio 2 realizada por un grupo de alumnos.
12. Ejercicio de perspectiva militar realizado por un alumno. 2011. Bryan Ordoñez Gaviria.
13. Maqueta del ejercicio 3 realizada por un grupo de alumnos.
14. Ejercicio de cubiertas realizado por una alumna. 2011. Ana Serrano Blasco.
15. Ejercicio de desmontes y terraplenes realizado por un alumno. 2011. Fco Javier Díaz Ródenas.





EL PORTAFOLIO DEL PROYECTO Y LA EXPRESIÓN GRÁFICA

Carla SENTIERI OMARREMENTERÍA
Débora DOMINGO CALBUIG
Universidad Politécnica de Valencia
Departamento de Proyectos Arquitectónicos

INTRODUCCIÓN

Como recoge Muñoz Cosme en su libro *el proyecto de arquitectura* (2008, p. 159), los arquitectos han hecho del dibujo un instrumento de pensamiento, hasta el punto de identificar pensamiento y dibujo: "No puedo pensar si no tengo un lápiz en la mano..."

Cuando se trata de un proyecto, como indica Sainz (1990) en su libro sobre el dibujo de arquitectura, y no de una reproducción, el concepto de fidelidad se hace más ambiguo: es difícil saber si un dibujo determinado es fiel a una idea arquitectónica. Para que un edificio sea fiel a las ideas del arquitecto, éste deberá representar con la mayor precisión posible la imagen de su concepción. Los grados de semejanza entre dibujo e idea están sometidos a la especulación del autor, único que tiene pleno conocimiento de sus pensamientos.

OBJETIVOS

En la formación del arquitecto, con el objetivo de recoger, y canalizar este proceso de pensamiento (Rasmussen, 2000), que no es otro que el proceso de proyectar, se han puesto en marcha el portafolio o cuaderno de proyecto con el objetivo de hacer inteligible el proceso para poder influir sobre él de una forma más precisa.

MÉTODO

Recopilar y establecer los contenidos desarrollados en los portafolios como herramienta de desarrollo gráfico del proceso de proyecto desde el curso 2009-10 hasta el curso presente en diversas asignaturas de proyectos. La experiencia comenzó en la asignatura de PRIII, en el Plan 2002, durante el curso 2009-10, continuó en el curso 2010-11 en la asignatura de PRII, y en distintas asignaturas de proyectos del Plan 2002.

RESULTADOS

El portafolio del proyecto, consiste en cuaderno de trabajo-portafolio-cuaderno de viaje en el que se plasma, mediante notas, dibujos, recortes, fotografías, referencias a lecturas, etc., de manera continuada aquellas cuestiones biográficas que tengan que ver con el proceso de desarrollo del proyecto, como si de un cuaderno de taller se tratase. El cuaderno se adjunta como parte integrante del proyecto en las distintas entregas de los ejercicios y constituye un documento valioso como testimonio de un proceso.

CONCLUSIONES

Con el empleo del portafolio se va desarrollando la expresión gráfica a mano alzada en paralelo con la expresión gráfica informatizada, que es la forma de presentación final del proyecto.

Por un lado, el mero ejercicio del dibujo, conlleva una mejora del mismo, por ejercitarlo, y por otro lado, se produce una aproximación al pensamiento, o método proyectual del alumno.

Agradecimientos

Agradecemos la especial colaboración de los alumnos: Javier García García (1) , Jose Mates (2), José Manuel Iborra (3), Germán Vidal (4), Silvia Vives (5) y Teresa Corbin (6).

Referencias bibliográficas

Muñoz, A., 2008, *El proyecto de arquitectura*, Ed. Reverté, Barcelona.
Rasmussen, E., 2004, *La experiencia de la arquitectura*, Ed. Reverté, Barcelona.
Sainz, J., 1990, 2005, *El dibujo de arquitectura*, Ed. Reverté, Barcelona

