

EL

ARQUITECTO,

DE LA TRADICIÓN AL SIGLO XXI

EL ARQUITECTO,
DE LA TRADICIÓN AL SIGLO XXI

Tomo II

EL ARQUITECTO, DE LA TRADICIÓN AL SIGLO XXI

Docencia e investigación en Expresión Gráfica Arquitectónica

Actas del 16 Congreso Internacional de
Expresión Gráfica Arquitectónica

16 Congreso Internacional de
Expresión Gráfica Arquitectónica

Tomo II

Universidad de Salamanca, Salamanca, España
27 y 28 de junio de 2016

Edición a cargo de
Enrique Echeverría Valiente
y Enrique Castaño Perea

Universidad
de Alcalá
INSTITUTO DE ARQUITECTURA

Universidad
de Alcalá

F/
FUNDACIÓN
GENERAL
UNIVERSITARIA
DE ALCALÁ

EL ARQUITECTO, DE LA TRADICIÓN AL SIGLO XXI
Docencia e investigación en Expresión Gráfica Arquitectónica

Actas del 16º Congreso Internacional de
Expresión Gráfica Arquitectónica

Tomo II

EL ARQUITECTO, DE LA TRADICIÓN AL SIGLO XXI

Docencia e investigación en expresión gráfica arquitectónica

**16 Congreso Internacional de
Expresión Gráfica Arquitectónica**

Alcalá de Henares (Madrid), España
2 y 3 de junio de 2016

Edición a cargo de
Ernesto Echeverría Valiente
y Enrique Castaño Perea



Universidad
de Alcalá

DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA



Universidad
de Alcalá



FUNDACIÓN
GENERAL
UNIVERSIDAD
DE ALCALÁ

SERIE: ARQUITECTURA Y URBANISMO, 71

Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica
(16.º 2016. Alcalá de Henares)

Publicado por:

- Departamento de Arquitectura de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Alcalá
- Fundación General de la Universidad de Alcalá

© **Coordinadores y Editores Científicos:**

Ernesto Echeverría Valiente
Enrique Castaño Perea

© **De los textos:** sus autores.

Diseño, maquetación y corrección: Elisa Borsari y Ronda Vázquez Martí.

© **De esta edición:** Fundación General de la Universidad de Alcalá, 2016
Calle Imagen, 1 y 3 • 28801, Alcalá de Henares (Madrid), España.
Página web: www.fgua.es

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, ni su préstamo, alquiler o cualquier otra forma de cesión de uso del ejemplar, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del *copyright*.

Tomo II ISBN.: 978-84-88754-41-7
Depósito Legal: M-19243-2016
Obra completa: ISBN.: 978-84-88754-39-4

Imprime: Grupo Enlace Gráfico, S.L.
Impreso en España / Printed in Spain

16 CONGRESO INTERNACIONAL DE EXPRESIÓN GRÁFICA ARQUITECTÓNICA

Departamento de Arquitectura
Escuela de Arquitectura – Universidad de Alcalá

COMITÉ DE HONOR

Dr. D. Fernando Galván Reula
Sr. Rector Magnífico de la Universidad de Alcalá

Dra. Dña. María Luisa Marina Alegre
Vicerrectora de Investigación y Transferencia de la Universidad de Alcalá

Dr. D. Antonio Almagro Gorbea
Escuela de Estudios Árabes de Granada (CSIC)
Miembro de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando

Dr. D. Juan Calatrava Escobar
Profesor de la Universidad de Granada

Dr. D. Vito Cardonne
Profesor de la Università di Salerno (Italia)

Dr. D. Joaquín Casado de Amezáa Vázquez
Profesor de la Universidad de Granada

Dr. D. Cesare Cundari
Profesor de la Università "La Sapienza" (Italia)

Dr. D. Mario Docci
Profesor de la Università de la Sapienza, Roma

Dr. D. José Antonio Franco Taboada
Profesor de la Universidad de A Coruña

Dra. Dña. Ángela García Codoñer
Profesora de la Universidad Politécnica de Valencia

Dr. D. José M.ª Gentil Baldrich
Profesor de la Universidad de Sevilla

Dra. Dña. Carmen Jordá Such
Vicerrectora de los Campus e Infraestructuras.
Profesora de la Universidad Politécnica de Valencia

Dra. Dña. Margarita de Luxan García de Diego
Profesora de la Universidad Politécnica de Madrid

Dr. D. Antonio Millán Gómez
Profesor de la Universidad Politécnica de Cataluña

Dr. D. Carlos Montes Serrano
Profesor de la Universidad de Valladolid

Dr. D. Eduardo Mosquera Adell
Profesor de la Universidad de Sevilla

Dr. D. Pablo Navarro Esteve
Profesor de la Universidad Politécnica de Valencia

Dra. Dña. Pina Novello
Profesora del Politecnico di Torino (Italia)

Dr. D. Javier Rivera Blanco
Profesor de la Universidad de Alcalá

Dr. D. José Antonio Ruiz de la Rosa
Profesor de la Universidad de Sevilla

Dr. D. Javier Seguí de la Riva
Profesor de la Universidad Politécnica de Madrid

Dr. D. Leopoldo Uría Iglesias
Profesor de la Universidad de Valladolid

Dr. D. Claudio Varagnoli
Profesor de la Universidad de Pescara (Italia)

Dr. D. Lluís Villanueva Bartrina
Profesor de la Universidad Politécnica de Cataluña

COMITÉ ORGANIZADOR

D. Enrique Castaño Perea
Profesor de la Universidad de Alcalá

D. Flavio Celis D'Amico
Profesor de la Universidad de Alcalá

Dña. Pilar Chías Navarro
Profesora de la Universidad de Alcalá

D. Ernesto Echeverría Valiente
Profesor de la Universidad de Alcalá

D. Gonzalo García Rosales
Profesor de la Universidad de Alcalá

D. Francisco Martín San Cristobal
Profesor de la Universidad de Alcalá

D. Francisco Maza Vázquez
Profesor de la Universidad de Alcalá

D. Manuel de Miguel Sánchez
Profesor de la Universidad de Alcalá

D. Antonio Trallero Sanz
Profesor de la Universidad de Alcalá

COMITÉ CIENTÍFICO

Dr. D. Eduardo Carazo Lefort
Profesor de la Universidad de Valladolid

Dra. Dña. Pilar Chías Navarro
Profesora de la Universidad de Alcalá

Dr. D. Antonio Gamiz Gordo
Profesor de la Universidad de Sevilla

Dr. D. Jorge Llopis Verdú
Profesor de la Universidad de Valencia

Dr. D. Carlos Luis Marcos
Profesor de la Universidad de Alicante

Dr. D. Juan Miguel Otxotorena Elizegi
Profesor de la Universidad de Navarra

Dr. D. Javier Francisco Raposo Grau
Profesor de la Universidad Politécnica de Madrid

Dr. D. Ernest Redondo Domínguez
Profesor de la Universidad Politécnica de Barcelona

D. Ernesto Echeverría Valiente
Profesor de la Universidad de Alcalá

D. Flavio Celis D'Amico
Profesor de la Universidad de Alcalá

D. Enrique Castaño Perea
Profesor de la Universidad de Alcalá

COMITÉ REVISOR EXTERNO

D. Antonio Almagro Gorbea
Dña. Leia Bruscato
D. Juan Calatrava Escobar
D. José Calvo
D. Orlando Campos Reyes
D. Eduardo Carazo Lefort
D. Joaquín Casado de Amezúa
D. Flavio Celis D'Amico
D. Mauro Chiarella
Dña. Pilar Chías Navarro
D. Antonio Estepa Rubio
D. Juan José Fernández Martín
D. Riccardo Florio
D. Jose Antonio Franco Taboada
D. Antonio Gámiz Gordo
D. Rodrigo García Alvarado
Dña. Ángela García Codoñer
D. Juan Carlos García Perrote
D. Gonzalo García-Rosales
D. Jorge García Valldecabres
D. José M^a Gentil Baldrich
D. Jorge Gírbés Pérez
D. Antonio Gómez Blanco
D. Mariano González Presencio
D. Roberto Goycoolea Prado
Dña. Roberta Krahe
D. Jorge Llopis Verdú
Dña. María Concepción López González

Dña. Margarita de Luxan García de Diego
D. Carlos L. Marcos
D. Francisco Martín San Cristóbal
Dña. Raquel Martínez Gutiérrez
Dña. María Luisa Martínez Zimmermann
D. Francisco Maza Vázquez
D. Manuel de Miguel Sánchez
D. Antonio Millán Gómez
D. Carlos Montes Serrano
D. Eduardo Mosquera Adell
D. Pablo Navarro Esteve
D. Javier Ortega
D. Juan Miguel Otxotorena Elizegi
Dña. María Inés Pernas Alonso
D. Enrique Rabasa Díaz
D. Javier Francisco Raposo Grau
D. Ernest Redondo Domínguez
D. José Antonio Ruiz de la Rosa
D. Jesús San José Alonso
D. Javier Seguí de la Riva
D. Enrique Solana Suárez
Dña. Ana Torres Barcino
D. Antonio Trallero Sanz
D. Juan José Ugarte Fernández
D. Claudio Varagnoli
D. Víctor Hugo Velásquez
D. Ignacio Vicente Sandoval
D. Lluís Villanueva Bartrina

Tomo I

INNOVACIÓN DOCENTE (INVESTIGACIÓN SOBRE EXPERIENCIAS DOCENTES APLICADAS EN EGA)

Diseñar el proyecto	3
<i>Montserrat Bigas Vidal; Lluís Bravo Farré; Joan Mercadé Brulles; Gloria Font Baste; Li Yuan Quan</i>	
Hacia una nueva geometría descriptiva. Un Proyecto de Innovación Docente para la carrera de Arquitectura.....	9
<i>Antonio Álvaro Tordesillas; Noelia Galván Desvaux; Marta Alonso Rodríguez</i>	
SDR - SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN. Un espacio para la construcción del conocimiento.....	17
<i>Leandro Madrazo</i>	
El montaje de imágenes fotográficas con un mismo punto de vista como ejercicio clave de síntesis infográfica de los procesos de aprendizaje en la EGA actual.....	27
<i>Ramón Maestre López-Salazar; Pablo Jeremías Juan Gutiérrez</i>	
La didattica del disegno nella lettura della città: l'Aurum di Michelucci.....	37
<i>Caterina Palestini</i>	
Expresiones, representaciones e interpretaciones del espacio público, desde la discapacidad intelectual, en la docencia de Arquitectura	47
<i>Ángel B. Comeras Serrano</i>	
Estrategias docentes para el proceso de trabajo BIM	55
<i>Luis Agustín Hernández; Angélica Fernández-Morales; Miguel Sancho Mir</i>	
Il laboratorio della rappresentazione nel XXI secolo: dallo studio della geometria alla stampa 3D. Ottica e dispositivi metodologici innovativi e coordinati per una didattica sperimentale....	65
<i>Rita Valenti; Sebastiano Giuliano; Emanuela Paternò</i>	
La maqueta como estrategia docente para la ideación arquitectónica. Contenedores configurales.....	75
<i>Jorge Domingo Gresa; Carlos L. Marcos Alba</i>	
Transferencia de técnicas avanzadas de cine en EGA	85
<i>Federico Luis del Blanco García; Ismael García Ríos</i>	
De la abstracción al diseño	93
<i>Rodolfo Mejías Cubero</i>	
Del Atelier al Personal Trainer App	101
<i>Fernando Lanchó Alvarado</i>	

Atlas y discurso gráfico. 50 Años de estrategias. Mapa interactivo.....	739
<i>Alberto Grijalba Bengoetxea; Carolina Heisig Carretero</i>	
Generative education: thinking by modeling/modeling by thinking	747
<i>Fabio Bianconi; Marco Filippucci</i>	
La experiencia interactiva en entornos virtuales como herramienta de proyecto.....	755
<i>Mónica Val Fiel; José Luis Higón Calvet</i>	
Pensamiento gráfico y procesos digitales. Tres casos de materialidad digital construida (COCOON/Colombia, BANCAPAR/Chile, SSFS/Argentina).....	763
<i>Mauro Chiarella; Andrés Martín-Pastor; Nicolás Saez</i>	
Revisión del Soporte Gráfico Tecnológico desde las Revistas EGA	771
<i>Elsa M.ª Gutiérrez Labory; Enrique Solana Suárez</i>	
Dibujar el Columbia. Paradigma Gráfico para la Arquitectura en el Siglo XXI.....	777
<i>Enrique Solana Suárez; Elsa Gutiérrez Labory</i>	
Rappresentazione e coscienza critica per la formazione della figura di progettista	785
<i>Maria Linda Falcidieno</i>	
El 3D <i>printing</i> como herramienta tecnológica orientada a la arquitectura	793
<i>Pedro Molina-Siles; Francisco Javier Cortina Mariuenda; Hugo Barros Costa; Salvador Gilabert Sanz</i>	
Dalla progettazione integrale al BIM.....	799
<i>Giovanna A. Massari</i>	
Tres etapas históricas en la confección gráfica de la documentación de un proyecto. BIM: encuentros en la tercera fase del siglo XXI.....	809
<i>Iñigo León Cascante; Fernando Mora; Juan Pedro Otaduy; Maialen Sagarra</i>	
Dibujar sin dibujar	817
<i>Maria Josefa Agudo-Martínez</i>	
Barcelona and Antalya. Cartographic Analysis of two Mediterranean cities	823
<i>Antonio Millán-Gómez; Zeynep Birgonul</i>	
Trazar la forma-lugar. Tres casos que desvelan la arquitectura como entretejido entre sociabilidad y territorio	831
<i>Susana Velasco Sánchez</i>	
Lo spazio tra poesia e progetto	839
<i>Rosario Marrocco</i>	
Light control in Mediterranean architecture. Interdisciplinary design experiences between didactics and investigation.....	845
<i>Pierpaolo D'Agostino; Mariateresa Giammetti</i>	

HISTORIA Y PATRIMONIO**(INVESTIGACIÓN SOBRE HISTORIA DEL DIBUJO Y/O SOBRE EL DIBUJO APLICADO AL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO)**

La Traza de un cimbório gótico. Geometría y construcción del octógono en la traza gótica de Guarç (c. 1345-1380)	855
<i>Josep Lluís i Ginovart; Agustí Costa Jover; Sergio Coll Pla; Albert Samper Sosa</i>	
Algunas precisiones sobre el dibujo de arquitectura en los años de entreguerras	863
<i>Carlos Montes Serrano; Isaac Mendoza Rodríguez</i>	
La documentación gráfica como fuente de investigación del patrimonio arquitectónico.....	869
<i>Antonio Miguel Trallero Sanz</i>	
Il disegno di progetto: tra tradizionalismo e rinnovamento. Gli elaborati del gruppo Aschieri relativi al Concorso per il Quartiere dell'Artigianato in Roma del 1926	877
<i>Fabio Lanfranchi</i>	
Representación gráfica participativa con bases de datos de acceso limitado.....	885
<i>Juan Saumell Lladó</i>	
<i>Baukunst</i> . Apuntes de Goethe para un tratado de arquitectura	893
<i>Juan Calduch Cervera; Alberto Rubio Garrido</i>	
Horacio Baliero: La modernidad desde el margen. Colegio Mayor Argentino Nuestra Señora de Luján en Madrid - 1964	901
<i>Maria Soledad Bustamante</i>	
Barbara Sokołowska Brukalski. Análisi grafica della Casa a Niegolewskiego Street.....	909
<i>Starlight Vattano</i>	
Análisis gráfico de los pilares tardogóticos de Hernán Ruiz "el Viejo"	919
<i>Pilar Gimena Córdoba</i>	
Una medaglia tra due città	927
<i>Claudio Baldoni; Rodolfo Maria Strollo</i>	
El dibujo en la investigación arquitectónica: Dibujando en Paestum.....	935
<i>Juan Manuel Báez Mezquita</i>	
Análisis del plano en el estudio de la ciudad histórica. Trasvases metodológicos entre arquitectura y arqueología	943
<i>Mercedes Díaz Garrido</i>	
Tradurre: dal disegno d'archivio alla rappresentazione 3D. Il caso studio della casa natale di Gabriele d'Annunzio a Pescara.....	953
<i>Pasquale Tunzi</i>	
"Recreaciones virtuales de la Granada desaparecida". Investigar, representar y divulgar la arquitectura del pasado con herramientas del siglo XXI	959
<i>Concepción Rodríguez Moreno</i>	

Sviluppo, valorizzazione e riuso del patrimonio architettonico e urbano: una ex caserma per l'Università <i>Antonella Salucci</i>	969
Fotogrammetria digitale aerea e laser scanning terrestre per ipotesi ricostruttive di fronti perduti dell'edilizia monumentale: il caso di Villa Mondragone..... <i>Saverio D'Auria; Giuseppe Sini; Rodolfo Maria Strollo</i>	979
Las primeras vistas de Málaga en el XVI: fuentes gráficas para la investigación..... <i>Antonio Gámiz Gordo; Luis Ruiz Padrón</i>	989
Análisis gráfico del entorno paisajístico del Sanatorio de San Francisco de Borja de Fontilles... <i>José Luis Higón Calvet; Jorge Llopis Verdú; Javier Pérez Igualada; Pedro Cabezas Bernal; Jorge Martínez Piqueras; Ignacio Cabodevilla-Artieda</i>	997
Photo-collage e retorica di regime. Piero Bottoni e il progetto per la piazza delle Forze armate all'EUR di Roma..... <i>Fabio Colonnese</i>	1007
Estudio gráfico sobre el empleo de algunas superficies de traslación en las propuestas de Andrés y de Alonso de Vandelvira. Evaluación formal y ejecutiva de la <i>bóveda de Murcia</i> y del <i>ochavo de La Guardia</i> <i>Antonio Estepa Rubio; Jesús Estepa Rubio</i>	1015
Una mirada forense sobre las ruinas de la Iglesia de Santa María de Cazorla. Propuesta de reconstrucción virtual..... <i>Jesús Estepa Rubio; Antonio Estepa Rubio</i>	1023
Manuel Gomes da Costa, un universo en bocetos <i>Miriam Lousame Gutiérrez</i>	1033
Reconstrucción gráfica de los edificios históricos del Sanatorio de San Francisco de Borja de Fontilles..... <i>Jorge Llopis Verdú; Francisco Hidalgo Delgado; Jorge Martínez Piqueras; Rafael Marín Tolosa; Eduard Baviera Llopez</i>	1043
Un progetto non realizzato: il Gran Cimitero di Giuseppe Damiani Almeyda. Dai disegni di archivio alla ricostruzione tridimensionale..... <i>Avella Fabrizio</i>	1053
El Dibujo: método y conclusión en la Investigación en Arquitectura <i>Ángel Martínez Díaz; María José Muñoz de Pablo</i>	1061
Trazas de cortes de piedra en un tramo de la Capilla Real del antiguo convento de Santo Domingo de Valencia. Dibujo y construcción..... <i>Pablo Navarro Camallonga</i>	1069
El anfiteatro romano de Tarragona: cinco siglos dibujando y aún insatisfechos <i>Josep Maria Toldrà; Josep Maria Macias; Josep Maria Puche; Pau Sola-Morales</i>	1079

La recuperación del color de la Rua Junqueira de Lisboa <i>Ángela García Codoñer; Isabel Braz de Oliveira; Ana Torres Barchino; Juan Serra Lluch; Jorge Llopis Verdú</i>	1089
Representación de la construcción de la modernidad valenciana. Series fotográficas de los Estudios Sanchís y Desfilis..... <i>F. Javier Cortina Maruenda; Pedro Molina-Siles; Hugo Barros Costa; Salvador Gilabert Sanz</i>	1095
Intervenciones arquitectónicas de Rafael Manzano en el Real Alcázar de Sevilla. 1966-1988.... <i>Julia Manzano Pérez de Guzmán; Pedro Barrero Ortega; Rafael Manzano Martos</i>	1101
Decisión, croquis, laser y dron. Sistema de documentación de torres campanario en la provincia de Burgos..... <i>José Ignacio Sánchez Ribera; Juan José Fernández Martín; Jesús San José Alonso</i>	1111
Ética y estética: el rol de las primeras ilustraciones en el Libro de las Antigüedades de Serlio.... <i>Gonzalo Muñoz Vera</i>	1119
La arquitectura y el lugar: experiencias docentes e investigadoras en la E.T.S.A. de la Universidad de Granada <i>Antonio García Bueno; Karina Medina Granados</i>	1127
Drones para el levantamiento arquitectónico. Aplicación para la documentación de las torres del litoral valenciano..... <i>Pablo Rodríguez-Navarro; Teresa Gil Piqueras; Giorgio Verdiani</i>	1137
Nuevas técnicas de levantamiento en la documentación gráfica del patrimonio: los restos de las murallas de Santo Domingo de la Calzada <i>Licinia Aliberti; Pedro Iglesias Picazo</i>	1145
Las fuentes gráficas para el estudio y restauración de la Casa Consistorial de Sevilla <i>Antonio J. Albaronedo Freire; María Dolores Robador González</i>	1153
La expresión gráfica de la planificación urbana en el siglo XX <i>Laura Rives Navarro</i>	1161
Dibujos para las Relaciones Geográficas del Nuevo Mundo. Análisis de la información registrada..... <i>Adela Acitores Suz</i>	1169
La reforma de la enseñanza del dibujo en l'École d'Art de La Chaux-de-Fonds 1903-1914..... <i>Inmaculada Jiménez Caballero; María Álvarez Barredo</i>	1179
Revisitando <i>Civitates Orbis Terrarum</i> . El espectáculo del espacio urbano..... <i>Felipe Lazo-Mella</i>	1187
Dibujos de la Guastavino Company: innovación y promoción <i>Manuel de Miguel Sánchez; María Paz Llorente Zurdo; Vanessa Antigüedad García</i>	1197

La Trazada de un cimborrio gótico. Geometría y construcción del pentágono en la traza gótica de Guarc (c. 1345-1380)

Josep Maria Gibixart, Agustí Coda, Javier Sergio Coll Pla, Albert Samper Sora

Departament d'Enginyeria d'Arquitectura de Reus, Universitat Rovira i Virgili

Departament d'Enginyeria d'Arquitectura

Universitat Politècnica de Catalunya

Historia y Patrimonio (Investigación sobre historia del dibujo y/o sobre el dibujo aplicado al patrimonio arquitectónico)



Fig. 1. Trazada de Guarc AC1a. Fábrica n.º 49 (c.1345-1380).

El estudio de la traza de un cimborrio gótico, como el que se muestra en la figura 1, requiere un análisis geométrico y constructivo que permita comprender su estructura y su construcción. Este artículo se centra en la traza de un cimborrio gótico, específicamente en el pentágono que define su estructura. El pentágono se construye a partir de un círculo y una línea horizontal, utilizando técnicas geométricas clásicas. El resultado es un pentágono que define la traza de un cimborrio gótico, como el que se muestra en la figura 1. Este tipo de cimborrio se caracterizó por su estructura de nervios que se unían en un punto central, formando un pentágono que definía la traza de la bóveda. El estudio de la traza de un cimborrio gótico es fundamental para comprender su estructura y su construcción, y para su restauración y conservación.

El estudio de la traza de un cimborrio gótico, como el que se muestra en la figura 1, requiere un análisis geométrico y constructivo que permita comprender su estructura y su construcción. Este artículo se centra en la traza de un cimborrio gótico, específicamente en el pentágono que define su estructura. El pentágono se construye a partir de un círculo y una línea horizontal, utilizando técnicas geométricas clásicas. El resultado es un pentágono que define la traza de un cimborrio gótico, como el que se muestra en la figura 1. Este tipo de cimborrio se caracterizó por su estructura de nervios que se unían en un punto central, formando un pentágono que definía la traza de la bóveda. El estudio de la traza de un cimborrio gótico es fundamental para comprender su estructura y su construcción, y para su restauración y conservación.

Estas investigaciones están concebidas como traslados de modelos. Son el caso de las atribuidas a Michel de Croux de las catedrales de París y San Croix de Bourges, y a las de Nicolas de Ponce de la catedral de Clermont. Véase: *Architectural Drawing*, 1988, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000.

El estudio de la traza de un cimborrio gótico, como el que se muestra en la figura 1, requiere un análisis geométrico y constructivo que permita comprender su estructura y su construcción. Este artículo se centra en la traza de un cimborrio gótico, específicamente en el pentágono que define su estructura. El pentágono se construye a partir de un círculo y una línea horizontal, utilizando técnicas geométricas clásicas. El resultado es un pentágono que define la traza de un cimborrio gótico, como el que se muestra en la figura 1. Este tipo de cimborrio se caracterizó por su estructura de nervios que se unían en un punto central, formando un pentágono que definía la traza de la bóveda. El estudio de la traza de un cimborrio gótico es fundamental para comprender su estructura y su construcción, y para su restauración y conservación.

© 2010, Editorial de la Revista de Historia de la Arquitectura y Urbanismo

Métodos geométricos para el trazado de los perfiles de los nervios de bóvedas de crucería. La Capilla de la Lonja de Valencia

Esther Capilla Tamborero

Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universitat Politècnica de València

Abstract: The ribs profiles of the cross vaults were molded using templates or patterns, made of wood or metal, in order to facilitate the master mason task, so they can execute properly the arch stones that would be part of these ribs. They were performed according to a geometric method evolved over time. Here we show the geometric method hypothesis used to construct some ribs profiles pertaining to some cross vault of *La Lonja de la Seda*, a representative valencian building located at the city of Valencia, which is world heritage since 1996.

Keywords: Templates. Geometric methods. Cross vaults.

Las plantillas o patrones, como dice Roland Bechman (1991, 48) se hacían con el fin de facilitar la tarea de los canteros para que éstos supiesen ejecutar correctamente una dovela, un salmer o una clave. Las plantillas,

ejecutadas en madera o chapa, representaban las distintas caras de la piedra y el cantero únicamente tenía que reproducirlas.

Villard de Honnecourt en su *Album* recoge algunas “plantillas” a las que Erlande-Brandenburg (1991, 24) define como “escantillones de madera que el arquitecto proporcionaba al cantero con el fin de realizar las distintas molduras.” Asimismo, señala que “en la segunda mitad del siglo XII ya encontramos una prueba de este sistema de trabajo con Guillaume de Sens, en la fábrica de Cantorbéry” y que “los escantillones eran celosamente conservados durante toda la actividad de la fábrica con el fin de asegurar la cohesión de todas las molduras del monumento del que se sabía, desde la colocación de la primera piedra, que su construcción sería larga, debido a las dificultades de financiación.” Erlande-Brandenburg (1991, 24).

Eugène Viollet-le-Duc (1814-1879) en el término *Profil* (perfil) incluido en el tomo 7 del *Dictionnaire*

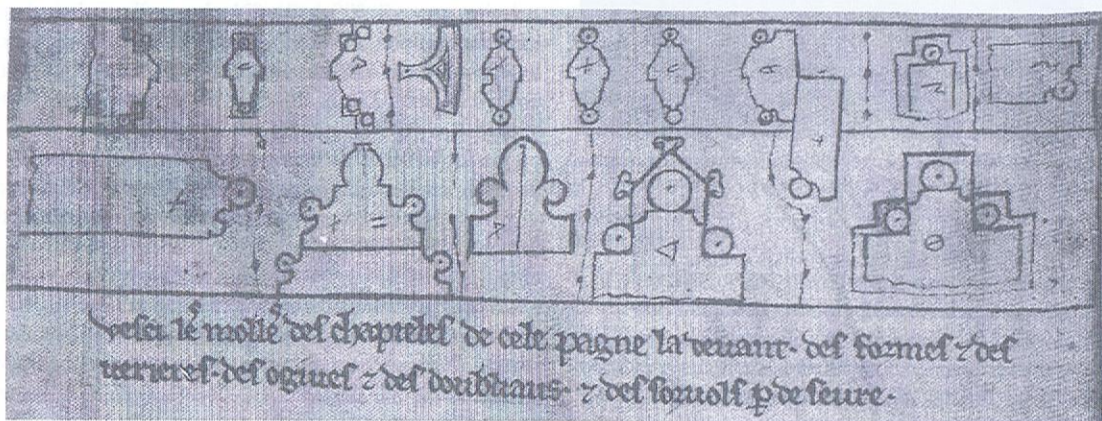


Figura 01. Detalle del folio 32 del *Album* de Villard de Honnecourt, con dibujos de detalles del corte de piedras para la catedral de Reims. En la imagen, según leyenda: “He aquí las plantillas de las capillas de esta página, las de los vanos y las cristalerías, de las ojivas, de los perpiños, y más arriba, las de los formeros.” (Villard de Honnecourt. [Siglo XIII] 1991, lámina 63, traducción p. 138)

raisonné de l'architecture française du XI^e au XVI^e siècle dedica 50 páginas a los perfiles. Define el término *profil* en arquitectura, como una sección hecha sobre una moldura. Y especifica que un perfil es una sección vertical o una sección normal a la curva de un arco, pero nunca se le puede dar el nombre de perfil a la sección horizontal de un pilar; éstas son secciones horizontales, no perfiles. Hace referencia también a las plantillas o patrones ("molle"). (Viollet-le-Duc 1854-1868, 7: 483)

Da Viollet una gran importancia al estudio de los perfiles, al considerarlo necesario para: "1º, reconocer los principios que han regido los diversos estilos arquitectónicos; 2º, para clasificar esos estilos y constatar la fecha de los monumentos." Esa importancia que Viollet da a los perfiles la magnifica al afirmar "El perfil, es la arquitectura." (Viollet-le-Duc 1854-1868, 7:484)

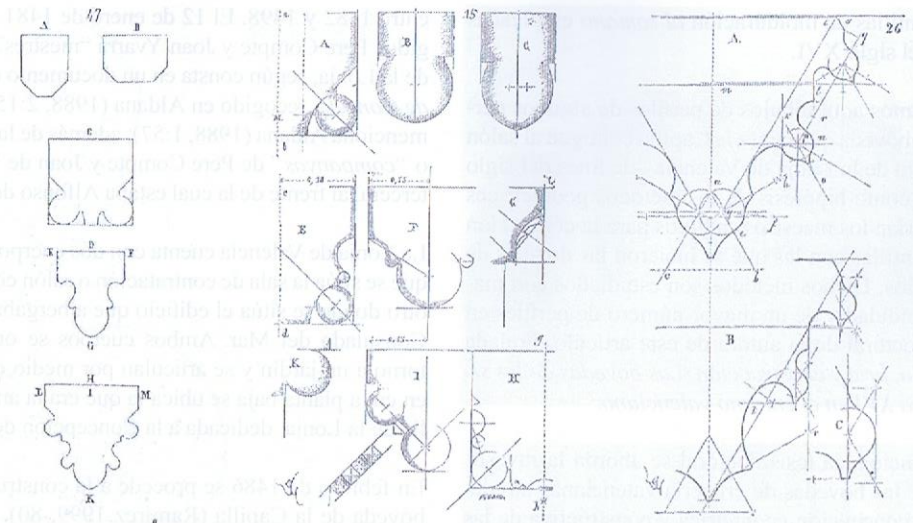
de Hermann Tom Rings (hacia 1540) (Figura 02), en el que las plantillas colgadas de la pared son el atributo de su actividad como arquitecto". También el hecho de que los canteros podían ser sancionados por causa de ellas: "En las ordenanzas del taller de Gand, conservadas desde 1528, se sanciona severamente a los canteros que dejen la plantilla sobre la piedra que están trabajando o la pisen. La sanción era doble si se rompía la plantilla". (Philipp 1995, 346)

En el ámbito valenciano, diversos autores se refieren al empleo de plantillas. Sanchis Sivera (1933, 16-19) menciona el pago por tallar plantillas que aparecen en algunas cláusulas de las capitulaciones firmadas por Jaime Esteve para la realización del trascoro de la Catedral de Valencia, en 1415¹. En alguna cláusula de dichas capitulaciones se recoge "el plazo de ejecución, el sueldo, el pago por "tallar motles" (plantillas).

El método geométrico de Viollet-le-Duc para el trazado de los perfiles y su evolución en la arquitectura francesa

Como hemos mencionado, Viollet-le-Duc, en el término *Profil* del *Dictionnaire raisonné* habla extensamente de los perfiles, tanto exteriores (cornisas, capiteles,...) como interiores. Aquí nos referimos únicamente a los de los arcos de las bóvedas. Desarrolla Viollet un *método geométrico* para el trazado de los mismos al que haremos una breve alusión. En el término *Construction*, al hablar de las bóvedas hace una descripción genérica sobre la evolución del perfil de los nervios que plasma en la lámina 47 de dicho término (Figura 03, izquierda). (Viollet-le-Duc [1854-1868] 1996, 85)

El recorrido por el *método geométrico* de los perfiles lo inicia Viollet con los de las bóvedas de la iglesia abacial de Saint-Denis, donde el abad Suger entre 1140 y 1145 realiza importantes transformaciones al reemplazar las bóvedas de cañón o aristas romanas por bóvedas de arcos ojivos o cruceros, con formeros, fajones y ojivos (Figura 03, imagen central). Explica Viollet (1854-1868, 7:505-507) que el arquitecto de Saint-Denis, aún próximo a las formas románicas, da al arco ojivo otro perfil que al arco fajón y que al formero; sin embargo adopta lo que él llama *boudin* -baquetón-. El *boudin* es el toro cilíndrico para trazar ambos arcos, pero reconoce que el arco ojivo, compuesto por un gran baquetón es pesado, y parece ofrecer más resistencia que el arco fajón poseyendo dos baquetones de un diámetro inferior tomado entre las dos aristas de



Evolución de los perfiles de los nervios según Viollet-le-Duc. Figura 47 del término *Construction*. (Viollet-le-Duc [1854-1868] 1996, 85) Perfiles de la iglesia abacial de Saint-Denis (1140-1145) (A, B y C), y de las salas capitulares de Vézelay (en torno a 1140) (Perfiles E, F, G, H, I, K). Figura 15 del término *Profil*. (Viollet-le-Duc 1854-1868, 7:lám 15). Perfiles del coro de la iglesia d'Eu; primera mitad del siglo XV. Figura 26 del término *Profil*. (Viollet-le-Duc 1854-1868, 7:lám 26).

Figura 03. Perfiles según Viollet-le-Duc recogidos en los términos *Construction* y *Profil* del *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XVI^e siècle*.

intradós. Unos años más tarde, hacia 1165, el arquitecto de la catedral de Paris adopta las consecuencias del método admitido. La sección de fajones, ojivos y formeros las somete a un único sistema de perfiles con ligeras diferencias en ella.

Viollet incorpora diversos ejemplos del siglo XIII en los que hace dice haber una evolución desde un sentimiento razonado hacia un método geométrico de trazado basado en líneas de 45°, 60° ó 30°. Recoge, asimismo, ejemplos del siglo XIV y XV (Figura 03, derecha) donde el *método geométrico* también está basado en esos ángulos.

La evolución del perfil de las nervaduras en las bóvedas góticas españolas

Decía Viollet-le-Duc (1854-1868, 7: 505-509) que "Ninguna parte de la arquitectura es más propia a mostrar las diferencias de las escuelas que los perfiles (...)". Vicente Lampérez (1930, 488), al hablar de la arquitectura española, recoge que "el arte del perfil en los nervios de las bóvedas de crucería basta para caracterizarlas, según las épocas de desarrollo y las escuelas". Mantiene, asimismo, que en las épocas de transición

los arcos transversales tienen distinto perfilado que los diagonales, siendo éste un carácter genérico de las bóvedas realizadas en el último tercio del siglo XII y primero del XIII, que tras un paréntesis caracterizado por la unificación de perfiles durante el resto del siglo XIII y siglo XIV, vuelve a imponerse en el siglo XV al complicarse las nervaduras con arcos secundarios y terceletes. Describe también Lampérez (1930, 490-491) una evolución desde los perfiles de fines del siglo XII y principios del XIII, que responden a una sección de contorno rectangular con baquetones y golas, y van aproximándose cada vez más hacia formas inscritas en triángulos mediante baquetones que con el tiempo se rematan por filetes, hasta llegar a desaparecer los baquetones en la segunda mitad del siglo XV y primera del XVI, "(...) y el perfil se convierte en una cosa monótona, seca y sin contraste".

Las plantillas de las bóvedas de crucería valencianas pueden tipificarse en cuatro grandes grupos recogidos por Navarro Fajardo (2004, 14): molduras de tradición románica empleadas fundamentalmente en el siglo XIII; molduras de traza triangular cóncavo-convexas utilizadas en los siglos XIV y XV, diferenciadas en dos tipos, las de baquetón en cabeza y las de extremo agudo; nervaduras entorchadas empleadas a fines del siglo



Figura 02. Ludger Tom Ring der Ältere, *Retrato de un arquitecto*. Berlín, Preussischer Kulturbesitz, Staatliche Museen. Gemäldegalerie. Pueden verse las plantillas detrás del arquitecto. (En Jan Philipp K. (1991:325) en Cassanelli,R., comp.)

De la importancia de las plantillas habla también Philipp (1995, 346), quien recoge que en la construcción del Ayuntamiento de Gand, éstas eran "el elemento clave" para mantener la organización de división del trabajo. Reafirma esa importancia cuando dice que "las plantillas eran propiedad intelectual de los maestros que las creaban, como lo atestigua el supuesto retrato

XV y plantillas de molduración *al romano* empleadas a partir del siglo XVI.

Incorporamos aquí dibujos de perfiles de algunos nervios de la bóveda que cubre la Capilla contigua al salón columnario de la Lonja de Valencia—de fines del siglo XV—, así como hipótesis de los métodos geométricos que seguirían los maestros canteros para la confección de las plantillas con las que se hicieron las dovelas de esos nervios. Dichos métodos son estudiados con mayor profundidad y de un mayor número de perfiles en la tesis doctoral de la autora de este artículo, titulada *Geometría, arte y construcción. Las bóvedas de los siglos XIII a XVI en el entorno valenciano*.²

En la mencionada tesis doctoral se aborda la investigación de las bóvedas de crucería valencianas alrededor de la concepción geométrica y constructiva de las mismas, constatando el hecho de que no se entiende la construcción de dichas bóvedas sin la geometría y todo ello entendido como un arte. De la importancia de la geometría en la Edad Media hablan numerosos autores. Villard de Honnecourt en su *Album* de dibujos del siglo XIII escribe en varias ocasiones “el arte de la geometría”; Viollet-le-Duc en el término *Construcción* de su *Dictionnaire raisonné* decía en el siglo XIX que “la construcción es una ciencia; pero también un arte”; el padre Tosca en su *Tratado de la monte y cortes de cantería* editado a principios del siglo XVIII llama Artes, tanto a la Arquitectura como a la Cantería. Numerosos documentos antiguos, como el que menciona Ruiz de la Rosa (1987, 266)—que recoge Ghyca (1968, 62)—referente a una ordenanza de 1397, encontrado y estudiado por Reichensperger, demuestra que para el cantero “la geometría era propiamente la ciencia fundamental”. Otros muchos ejemplos podríamos mencionar que inciden en esa misma idea pero pasamos ya a mostrar los métodos geométricos de los perfiles mencionados.

Métodos geométricos para el trazado de los perfiles de los nervios de la bóveda de la Capilla de la Lonja de Valencia.

La Lonja de la Seda de Valencia, considerada uno de los mejores ejemplos del gótico civil español, fue declarada *Patrimonio de la Humanidad* el año 1996. También conocida como Lonja de los Mercaderes o Casa de Contratación, fue construida a finales del siglo XV,

entre 1482 y 1498. El 12 de enero de 1481 fueron elegidos Pere Compte y Joan Yvarra “mestres” de la obra de la Lonja, según consta en un documento del *Manual de Concells* recogido en Aldana (1988, 2:15). También menciona Aldana (1988, 1:57), además de las cuadrillas o “*companyas*” de Pere Compte y Joan de Yvarra, una tercera, al frente de la cual estaba Alfonso de Leó.

La Lonja de Valencia cuenta con dos cuerpos: uno en el que se sitúa la sala de contratación o salón columnario y otro donde se sitúa el edificio que albergaba el antiguo Consulado del Mar. Ambos cuerpos se organizan en torno a un jardín y se articulan por medio de una torre en cuya planta baja se ubica la que era la antigua Capilla de la Lonja, dedicada a la Concepción de la Virgen.

En febrero de 1486 se procede a la construcción de la bóveda de la Capilla (Ramírez 1999, 80). Se trata de una bóveda estrellada con 9 claves, compuesta por nervios formeros, diagonales, terceletes, ligaduras y rampantes, realizados con tres tipos de perfiles diferentes: el de los formeros, el de los diagonales y uno común a terceletes, ligaduras y rampantes. Incorporamos aquí hipótesis del proceso del método geométrico de los formeros y el trazado completo de los otros dos tipos.

Obvia decir que en los *métodos geométricos* es la geometría el fundamento de los mismos. Las formas geométricas elementales empleadas son el triángulo, el cuadrado, el rectángulo y el círculo como base fundamental de generación de las demás. Al empleo de estas formas se refiere Gentil (2008, 14): “Aún existiendo culturas anteriores tan solo existió la geometría griega, hasta tiempos históricamente muy recientes, (...) a la que el medioevo tan solo aportó algunas construcciones geométricas prácticas. (...) la geometría griega era una ciencia carente de álgebra para su aplicación, con una aritmética muy reducida y que abarcaba, a los efectos prácticos, lo que podía resolverse con la regla y el compás. De esta manera, inicialmente, las formas empleadas tuvieron que ser las más sencillas—el círculo, el cuadrado, el triángulo y el rectángulo— a las que se añadieron más adelante otros polígonos procedentes de la bisección del ángulo; es decir, hexágonos u octógonos con muy escasas variaciones.”

Pasamos a describir la hipótesis del método geométrico del trazado del perfil de los nervios formeros de la bóveda de la Capilla de la Lonja.

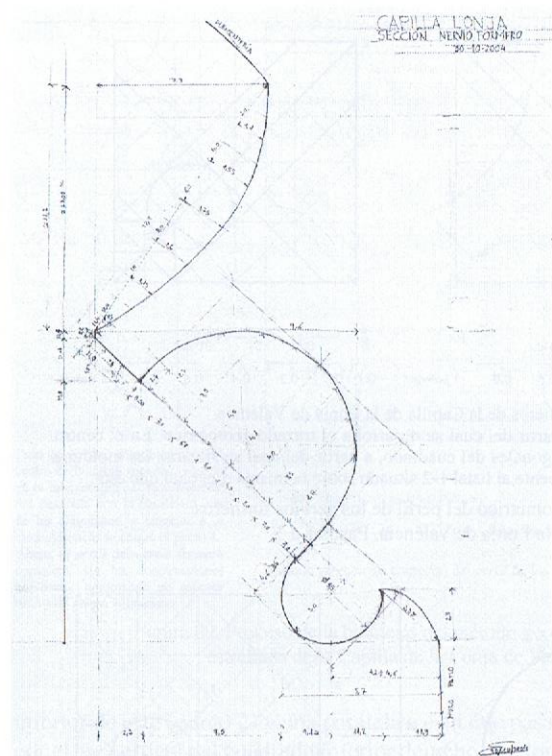


Figura 04. Croquis acotado del perfil de los arcos formeros de la bóveda de la Capilla de la Lonja. (Esther Capilla. 30-10-2004).

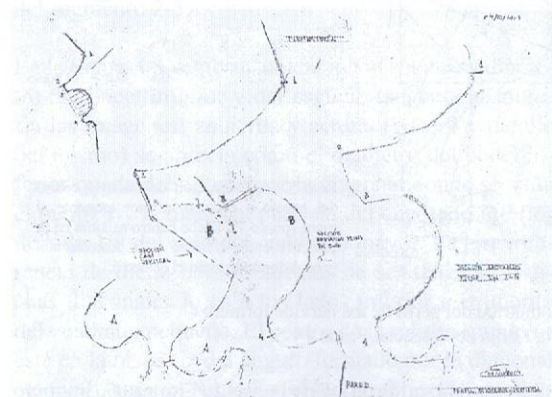


Figura 06. Perfiles de los arcos formeros obtenidos con varias tomas mediante el perfilómetro. (Esther Capilla. 29-10-2004).

Para la determinación de la hipótesis del *método geométrico* del perfil de los nervios formeros de la bóveda de la Capilla de la Lonja de Valencia se ha partido de las cotas reflejadas en las tomas de datos realizadas *in situ* mediante croquis acotados (Figura 04) y *perfilómetro* (Figura 06).

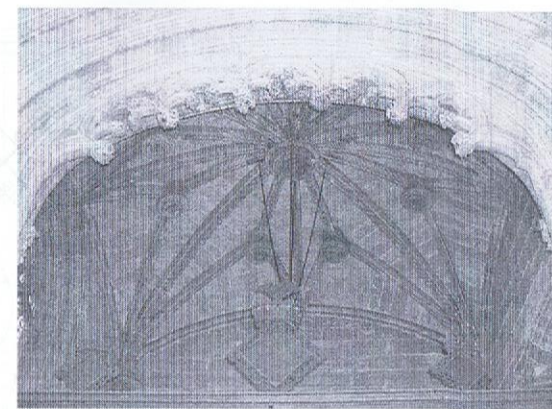
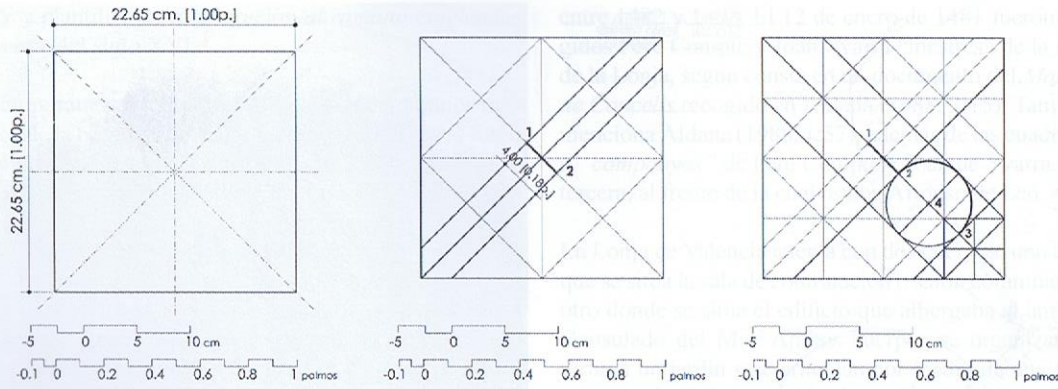


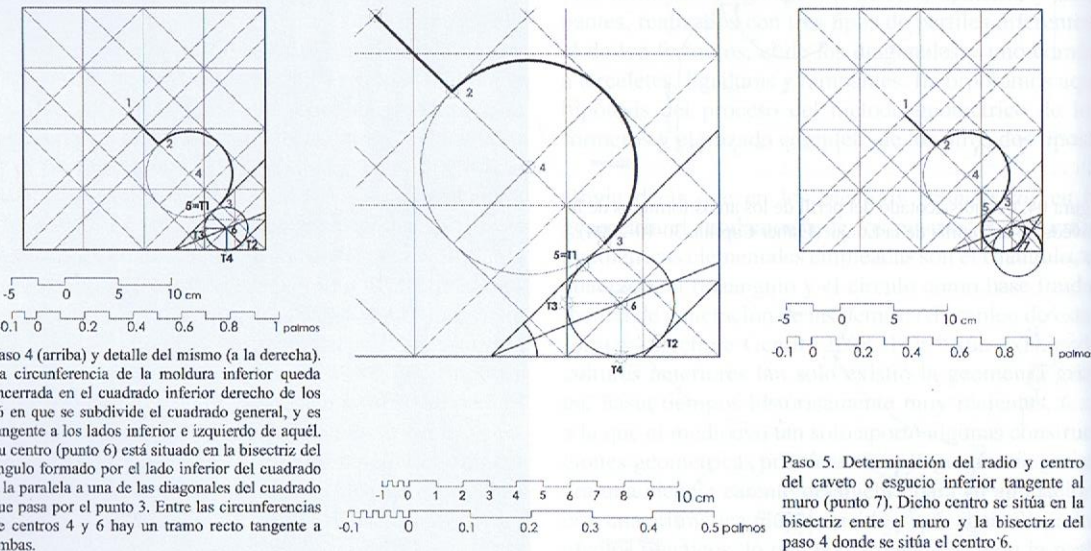
Figura 05. Arriba, imagen de la bóveda de la Capilla de la Lonja. Abajo, uno de los arranques donde puede verse el perfil de los formeros junto a diagonales y terceletes. (Foto: E. Capilla. 31-10-2004)

En el croquis realizado *in situ* (Figura 04) se tomaron las dimensiones de puntos significativos del perfil y las curvas fueron acotadas por coordenadas con la ayuda de flexómetros, escuadras, niveles, reglas metálicas, pie de rey... Es característico del perfil la presencia de curvas cóncavas alternando con curvas convexas, por



Pasos 1, 2 y 3 de la hipótesis del trazado geométrico de los arcos formeros de la Capilla de la Lonja de Valencia. A la izquierda, cuadrado de lado 1 palmo valenciano (22,65 cm) a partir del cual se desarrolla el trazado geométrico. En el centro, situación del listel o tramo recto del perfil centrado en una de las diagonales del cuadrado, a partir del cual se situarán las molduras curvas. A la derecha, determinación del centro de la media caña adyacente al listel 1-2 situado sobre la misma diagonal que éste.

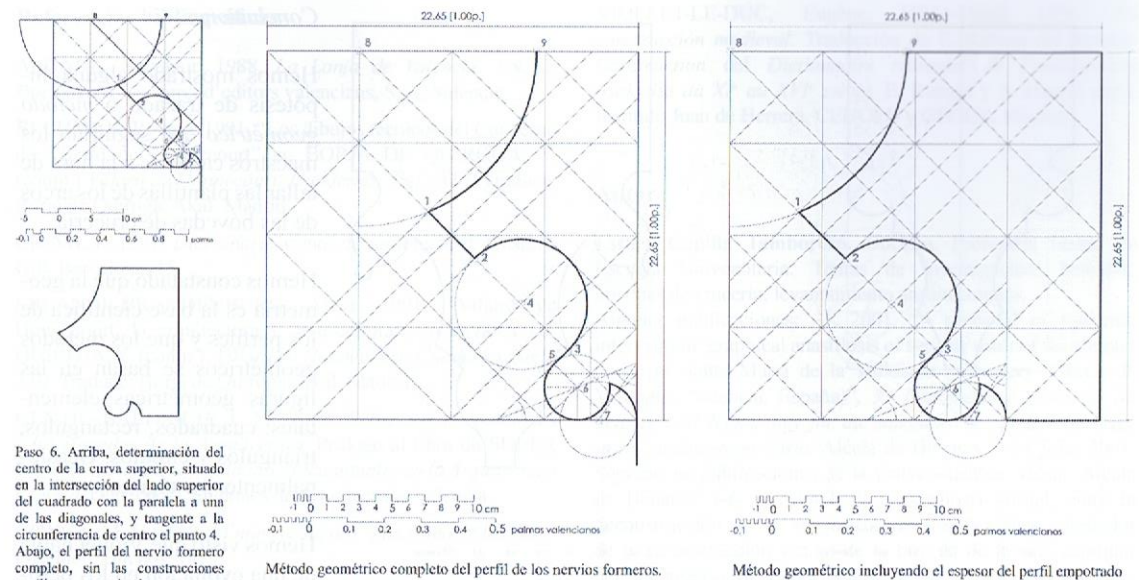
Figura 07. Proceso de la hipótesis del método geométrico del perfil de los nervios formeros de la bóveda estrellada de la Capilla de la Lonja de Valencia. Pasos 1 a 3.



Paso 4 (arriba) y detalle del mismo (a la derecha). La circunferencia de la moldura inferior queda encerrada en el cuadrado inferior derecho de los 16 en que se subdivide el cuadrado general, y es tangente a los lados inferior e izquierdo de aquél. Su centro (punto 6) está situado en la bisectriz del ángulo formado por el lado inferior del cuadrado y la paralela a una de las diagonales del cuadrado que pasa por el punto 3. Entre las circunferencias de centros 4 y 6 hay un tramo recto tangente a ambas.

Paso 5. Determinación del radio y centro del caveto o esgucio inferior tangente al muro (punto 7). Dicho centro se sitúa en la bisectriz entre el muro y la bisectriz del paso 4 donde se sitúa el centro 6.

Figura 08. Proceso de la hipótesis del método geométrico del perfil de los nervios formeros de la bóveda estrellada de la Capilla de la Lonja de Valencia. Pasos 4 y 5.



Paso 6. Arriba, determinación del centro de la curva superior, situado en la intersección del lado superior del cuadrado con la paralela a una de las diagonales, y tangente a la circunferencia de centro el punto 4. Abajo, el perfil del nervio formero completo, sin las construcciones auxiliares, suponiendo un espesor de 1/4 de palmo valenciano.

Método geométrico completo del perfil de los nervios formeros.

Método geométrico incluyendo el espesor del perfil empotrado en el muro, suponiéndolo de 1/4 de palmo valenciano.

Figura 09. Proceso de la hipótesis del método geométrico del perfil de los nervios formeros de la bóveda estrellada de la Capilla de la Lonja de Valencia. Paso 6 y método geométrico completo.

inferior de éste (punto 2) y una paralela a ésta que pasa por el eje vertical del cuadrado inferior derecho –de los 16 en que se ha subdividido el cuadrado general– de lado 1/4 de palmo valenciano (punto 3). El centro de la media caña (punto 4) estará, pues, en el punto medio del segmento 2-3.

En la Figura 08 vemos la obtención del centro y diámetro del bocel inferior y del esgucio tangente al muro. En las imágenes izquierda y central (paso 4 y detalle del mismo) se aprecia cómo el diámetro del bocel inferior queda delimitado por la diagonal donde se sitúa el punto 3 y la diagonal paralela del cuadrado inferior de lado 1/8 del lado del cuadrado mayor. La circunferencia de dicho bocel además de ser tangente a dichas diagonales lo es a los lados inferior e izquierdo del cuadrado pequeño. El centro de la misma (punto 6) está en la bisectriz del ángulo formado por la diagonal en que se sitúa el punto 3 y el lado inferior del cuadrado. La perpendicular a las diagonales que delimitan su diámetro determina los puntos de tangencia T1 y T2. La perpendicular a los lados inferior e izquierdo del cuadrado de lado 1/4 determina los puntos de tangencia T3 y T4. El punto de tangencia T1 coincide con el punto 5, extremo del tramo recto que hay entre el bocel y la media caña, tangente a ambas curvas. En la imagen derecha (paso 5) puede verse la obtención del

radio y centro (punto 7) del caveto (o esgucio ó media caña)³ inferior tangente al muro. El centro (punto 7) se sitúa en la bisectriz del ángulo formado por la bisectriz anterior que ha determinado el centro del bocel (punto 6) y el lado derecho del cuadrado, siendo el radio la distancia entre el punto 7 y el extremo inferior derecho del cuadrado, tangente al muro.

En la imagen superior izquierda de la Figura 09 se muestra el paso 6 del método geométrico, donde se refleja el modo de determinar el centro (punto 8) del esgucio inverso superior que, como puede verse, se sitúa en la intersección del lado superior del cuadrado en el que se ha inscrito el perfil con la tangente a la media caña de centro el punto 4, que a su vez es paralela a la diagonal 1-2-3-4.

En la imagen inferior izquierda de la Figura 09 se recoge el perfil completo del nervio formero sin construcciones auxiliares, suponiendo un espesor embebido en el muro de 1/4 de palmo valenciano. En las imágenes central y derecha de la misma figura se incluye a una escala mayor, el proceso completo de la hipótesis del método geométrico; en la imagen central, sin el espesor del perfil; en la imagen derecha, adaptando el cuadrado al perfil del formero suponiendo el espesor mencionado.

lo que para una toma de datos más rigurosa se hicieron varios calcos de las molduras con *perfilómetro* (Figura 06) que luego hubo que superponer.

De la Figura 07 a la Figura 09 se muestra, mediante pasos sucesivos, la hipótesis del proceso del método geométrico para la determinación de las molduras del perfil. En la representación a escala del perfil se ha visto que el trazado de éste puede inscribirse en un cuadrado de lado un palmo valenciano (22,65 cm) (Figura

07, imagen izquierda). En el paso 2 (Figura 07, imagen central) vemos que la única moldura recta del perfil, el listel de lado 1-2, que mide 4 centímetros (0,18 palmos valencianos) se sitúa centrado en una de las diagonales. En la imagen derecha (paso 3) de la misma Figura 07 puede verse cómo el centro de la media caña contigua al listel, está en la misma diagonal que éste. El diámetro de la media caña viene determinado por una paralela a la diagonal perpendicular al listel por el extremo

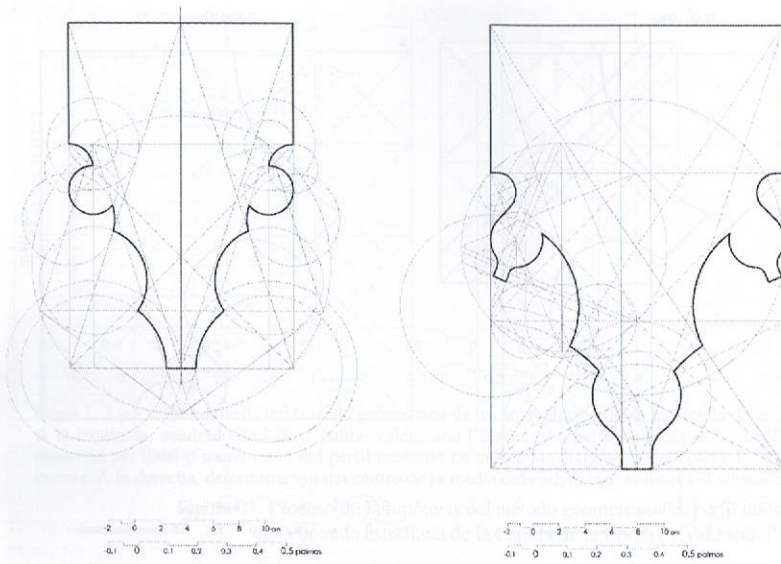


Figura 10. Hipótesis del método geométrico del perfil de los nervios terceletes, ligaduras y rampantes (izquierda) y diagonales (derecha) de la bóveda de la Capilla de la Lonja de Valencia.

A lo largo del proceso, hemos visto que el método geométrico del perfil de los nervios formeros está basado en líneas a 45°, además de horizontales, verticales y bisectrices. Ello coincide con lo que Viollet-le-Duc mencionaba al respecto de la evolución de los métodos geométricos, de que los centros de las curvas de los perfiles se situaban en líneas a 60°, 45° y 30° (Figura 03).

Sin embargo en otros perfiles estudiados en la tesis doctoral, el método geométrico no está basado en líneas a 45°, 30° ó 60°, sino en otros ángulos relacionados con las dimensiones de los rectángulos en que se inscriben los perfiles. Así, por ejemplo, en el perfil de los nervios terceletes, ligaduras y rampantes de la misma bóveda (Figura 10 izquierda), el ángulo del triángulo inscrito en el rectángulo a partir del cual se genera el método geométrico es de 72° y en el perfil de los nervios diagonales (Figura 10 derecha), el ángulo es de 71,565° relacionado éste con un triángulo cuya proporción entre su base y su altura es de 2/3, si bien en éste último sí se encuentran relaciones a partir de líneas a 45° o bisectrices de ese ángulo. Dejamos el análisis de la hipótesis del método geométrico de esos perfiles para otra comunicación, aunque sí incluimos aquí el trazado completo obtenido de ambos perfiles. (Figura 10)

Conclusiones

Hemos mostrado alguna hipótesis de trazado o método geométrico que seguirían los maestros canteros a la hora de tallar las plantillas de los arcos de las bóvedas de crucería.

Hemos constatado que la geometría es la base científica de los perfiles y que los métodos geométricos se basan en las figuras geométricas elementales: cuadrados, rectángulos, triángulos y círculos. Ocasionalmente, pentágonos.

Hemos visto que Viollet habla de una evolución en los perfiles de las bóvedas de crucería francesas hasta determinar el método geométrico basado en líneas de 45°, 30° y 60°. En los perfiles aquí estudiados, como el de los formeros de la Capilla de la Lonja de Valencia, el método se basa en líneas de 45°, pero en otros esos trazados vienen dados no por esos ángulos, sino por los de los triángulos que se inscriben en el rectángulo en el que se encierra el perfil y otras relaciones deducidas a partir de ellos.

Hemos constatado la importancia de las plantillas en época medieval, al hilo de lo que recogen autores como Philipp o Viollet-le-Duc. Este último considera el estudio de los perfiles fundamental para reconocer los principios que han regido los diversos estilos arquitectónicos, clasificarlos y constatar la fecha de los monumentos. Como recogemos en la tesis doctoral, los perfiles nos dan luz sobre la autoría de bóvedas.

Notas

¹ Sanchis Sivera, José. 1933, *op. cit.*, pp. 16-19, en Navarro Fajardo (2004: p. 35).

² Siendo directores de la misma, los profesores Rafael Soler Verdú y Juan Carlos Navarro Fajardo. Leida el 10 de febrero de 2016.

³ En diversos diccionarios, al hablar de molduras se define el *caveto* como moldura cóncava cuyo perfil es aproximadamente un cuarto de círculo, y se incluye la denominación como sinónimo de *esgucio*, *antequino*, *media caña*. Ching (1997, 15), Serra (1997, 2:663).

Referencias bibliográficas

- ALDANA, Salvador. 1988. *La Lonja de Valencia*. Vol. 2. *Documents*. Consorci d'editors valencians, S. A. Valencia.
- BECHMAN, Roland. 1991. "Los dibujos técnicos del Cuaderno de Villard de Honnecourt" en BORJA DE QUIROGA, Y. (comp.) *Villard de Honnecourt: Cuaderno: Siglo XIII*. Traducc: Borja de Quiroga. Akal. Madrid.
- CHING, F. 1997. *Diccionario visual de arquitectura*. Gustavo Gili. Barcelona. 15.
- ERLANDE-BRANDENBURG, Alain. 1991. "Villard de Honnecourt, la arquitectura y la escultura", en BORJA DE QUIROGA, Y. (comp.) *Villard de Honnecourt: Cuaderno: Siglo XIII*. Traducc: Borja de Quiroga. Akal. Madrid.
- GENTIL BALDRICH, J. M. 2008. *Sobre las proporciones y los trazados de la Arquitectura*. Prólogo al libro de SOLER SANZ, F., *Trazados reguladores Octogonales en la Arquitectura Clásica*. General de ediciones de Arquitectura. Valencia.
- GHYCA, M. C. 1968. *El número de oro: Los ritmos y los ritos*. Poseidón. Buenos Aires.
- HONNECOURT, Villard de. [Siglo XIII]. 1991. *Villard de Honnecourt: Cuaderno: Siglo XIII*. BORJA DE QUIROGA, Y. (comp.). Traducción; Yago Barja de Quiroga. Akal. Madrid.
- LAMPÉREZ Y ROMEA, V. 1930. *Historia de la arquitectura cristiana española en la Edad Media según el estudio de los elementos y los monumentos*, tomo II. 2ª ed. Espasa-Calpe, S.A. Madrid.
- NAVARRO FAJARDO, Juan Carlos. 2004. Tesis doctoral. *Bóvedas valencianas de crucería de los siglos XIV al XVI. Trazo y monte*. Universitat de València. Valencia.
- PHILIPP, Klaus Jan. 1995. "El Ayuntamiento de Gand y el «gótico comercial de Brabante»", en CASSANELLI, R. (comp.), *Talleres de Arquitectura en la Edad Media*. Traducción: Dieteriche, G. y Gentile, J. C. Moleiro editor S.A. (ed. española). Milán. 325-351.
- RAMÍREZ BLANCO, Manuel. 1999. Tesis doctoral. *La Lonja de Valencia y su conjunto monumental. Origen y desarrollo constructivo. Evolución de sus estructuras. Sinopsis de las intervenciones más relevantes. Siglos XV al XX*. Director: Javier Benlloch Marco. Dpto de Construcciones Arquitectónicas. Universidad Politécnica de Valencia.
- RUIZ DE LA ROSA, José Antonio. 1987. *Trazo y Simetría de la Arquitectura en la Antigüedad y Medioevo*. Servicio de publicación de la Universidad de Sevilla. Sevilla.
- SERRA, A. 1997. *Términos ilustrados de Arquitectura, Construcción y otras artes y oficios*. 2 vols. Comisión de Cultura del Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos. Madrid.
- VIOLLET-LE-DUC, Eugène. [1854-1868]. *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XVI^e siècle*. *Término "Profil"*, tomo VII. Ernest Gründ, éditeur. Paris. (Versión digitalizada)

VIOLLET-LE-DUC, Eugène. [1854-1868] 1996. *La construcción medieval*. Traducción de E. Rabasa del término *Construction del Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XVI^e siècle*. E. Rabasa y S. Huerta (ed.). Instituto Juan de Herrera, CEHOPU y CEDEX. Madrid.

Autor

Esther Capilla Tamborero. Doctora. Profesora Titular de Escuelas Universitarias. Temas de investigación: bóvedas; bóvedas de crucería; levantamiento arquitectónico. Algunas publicaciones: —. 2001. "A proposal of romantic intervention: graphical anastilosis of the star vault of the chapter house of Santa María de la Valldigna monastery. (Simat de Valldigna, Valencia, España)", *3rd International Congress on Science and Technology for the safeguard of cultural heritage in the mediterranean basin*. Alcalá de Henares, 9-14 julio 2001. Servicio de publicaciones de la Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares. 1-6. —. 2002. "La anastilosis virtual, entre la deconstrucción y la reconstrucción. Reflexiones alrededor de la reconstrucción virtual de la bóveda de la sala capitular del monasterio de Santa María de la Valldigna. (Valencia, España)", en *Actas del IX Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica (EGA 2002)* "Re-visión: Enfoques en Docencia e Investigación". Dpto. de representación y teoría Univ. A Coruña. 319-326. —. 2004. "Historia dibujada de una bóveda desaparecida. Análisis comparativo de la desaparecida bóveda de la sala capitular del monasterio de Santa María de la Valldigna con otras bóvedas coetáneas"; en *Actas del X Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica (EGA 2004)* "Dibujar lo que no vemos". Universidad de Granada. Granada. 855-870. CALVO ROSELLÓ, Vicenta, —, GÓMEZ-COLLADO, M. Carmen. 2007. "Aplicación de las Matemáticas al estudio de la geometría de bóvedas arquitectónicas", *I Congreso Internacional de Matemáticas en Ingeniería y Arquitectura*; Madrid. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. 524-525. Primer premio al póster de investigación. —, NAVARRO FAJARDO, Juan Carlos. 2013. "Una pincelada sobre el color en la bóvedas de crucería góticas a través de algunas representaciones pictóricas", en *Actas del IX Congreso Nacional del Color*. Valencia, 26 a 28 junio. Ángela García Codoñer (ed.) Universitat Politècnica de València. Valencia. 256-265. — y CALVO ROSELLÓ, Vicenta. 2014. "Capítulo 8: La cúpula interior de la Basílica de la Virgen de los Desamparados de Valencia. Análisis geométrico y matemático", en *Bóvedas Valencianas. Arquitecturas ideales, reales y virtuales en época medieval y moderna*. Ed. UPV (Scientia). Valencia, 196-237. PIQUER CASES, Juan Carlos, —, MOLINA SILES, Pedro. 2015. "La reconstrucción virtual del patrimonio arquitectónico y su aplicación metodológica". *EGA: Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*. Año 20, número 25. 258-267. ecapilla@ega.upv.es

ORGANIZAN:



Universidad
de Alcalá



FUNDACIÓN
GENERAL
UNIVERSIDAD
DE ALCALÁ



Universidad
de Alcalá

ESCUELA DE ARQUITECTURA



Universidad
de Alcalá

DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA

COLABORAN:



fundación **arquia**



Hermandad Nacional de Arquitectos