

TESIS DOCTORAL
**LA IGLESIA DE SANTA CATALINA DE VALENCIA:
HISTORIA, CONSTRUCCIÓN Y ESTRUCTURA**

AUTORA
JÉSICA MORENO PUCHALT

DIRECTORES
**ADOLFO ALONSO DURÁ
VERÓNICA LLOPIS PULIDO
ARTURO MARTÍNEZ BOQUERA**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
ETS ARQUITECTURA DICIEMBRE 2015



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

*A mis padres,
que siempre allanan mi camino y me ayudan a superar todos los obstáculos.*

*A mis directores,
que me dan la mano y me guían por él.*

*A mis amigos,
que me animan y caminan a mi lado.*

RESUMEN

La Iglesia de Santa Catalina es un edificio único dentro del patrimonio histórico de la ciudad de Valencia por distintos aspectos. Entre ellos su origen medieval y su peculiar disposición en planta, tanto por la asimetría de sus capillas laterales como por su característica girola con un número par de capillas radiales. Además existen incógnitas acerca de su evolución constructiva, que quedan reflejadas en la fachada recayente a la plaza Lope de Vega. A esto se añade la importancia de su campanario, una pieza clave del barroco valenciano.

Esta investigación aporta información relativa a su lógica constructiva, relacionando su evolución tipológica con las distintas épocas históricas que ha vivido el edificio. El estudio histórico, no sólo del templo en particular sino también de su entorno próximo, revela datos importantes respecto al diseño constructivo a lo largo de la historia del edificio. El acceso a material gráfico no publicado anteriormente proporciona un grado de conocimiento mayor del templo. Con todo ello podemos clasificar la iglesia dentro del estilo Gótico Mediterráneo, caracterizado por un sistema diafragmático que le confiere al conjunto un mejor comportamiento frente a esfuerzos sísmicos.

Además este estudio aporta un análisis estructural exhaustivo e inédito, cuyos resultados explican su comportamiento en las distintas fases constructivas y la respuesta del estado actual frente a esfuerzos horizontales de sismo. Para ello se elabora un modelo de cálculo que reproduce con precisión la geometría actual del templo, utilizando para ello el escáner láser 3D, técnica no destructiva cuyos resultados se muestran en esta investigación. Para el análisis estructural del conjunto formado por la iglesia y su campanario se emplean los métodos de cálculo más avanzados en la actualidad. A partir del modelo numérico realizado con elementos finitos, se realiza un análisis estático para cargas gravitatorias, un cálculo modal, un cálculo no lineal estático (pushover) y, por último, un cálculo no lineal dinámico (historia en el tiempo). Los resultados obtenidos en estos análisis nos proporcionan la información sobre su comportamiento estructural, su mecanismo de colapso y su índice de vulnerabilidad.

L'Església de Santa Catalina és un edifici únic dins del patrimoni històric de la ciutat de València degut a diferents aspectos. Entre ells el seu origen medieval i la seua peculiar disposició en planta, tant per l'asimetria de les seues capelles laterals com per la seua característica girola amb un nombre parell de capelles radials. A més existeixen incògnites de la seua evolució constructiva reflectides en la façana de la plaça Lope de Vega. A açò s'afeg la importància del seu campanar, considerat una peça clau del barroc valencià.

Aquesta investigació aporta informació relativa a la seua lògica constructiva, relacionant la seua evolució tipològica amb les diferents èpoques històriques que ha viscut l'edifici. L'estudi històric, no solament del temple en particular sinó també del seu entorn pròxim, revela dades importants respecte al disseny constructiu al llarg de la història de l'edifici. L'accés a material gràfic no publicat anteriorment proporciona un grau de coneixement major del temple. Amb tot açò podem classificar l'església dins de l'estil Gòtic Mediterrani, caracteritzat per un sistema diafragmàtic que li confereix al conjunt un millor comportament enfront d'esforços sísmics.

A més aquest estudi aporta una anàlisi estructural exhaustiva i inèdita, els resultats de la qual expliquen el seu comportament en les diferents fases constructives i la resposta de l'estat actual enfront d'esforços horitzontals de sisme. Per a açò s'elabora un model de càlcul que reproduïx amb precisió la geometria actual del temple utilitzant per a açò l'escàner làser 3D, tècnica no destructiva els resultats de la qual es mostren en aquesta investigació. Per a l'anàlisi estructural del conjunt format per l'església i el seu campanar s'empren els mètodes de càlcul més avançats en l'actualitat. A partir del model numèric realitzat amb elements finits, es realitza una anàlisi estàtica per a càrregues gravitatòries, un càlcul modal, un càlcul no lineal estàtic (pushover) i, finalment, un càlcul no lineal dinàmic (història en el temps). Els resultats obtinguts en aquestes anàlisis ens donen informació sobre el seu comportament estructural, el seu mecanisme de col·lapse i el seu índex de vulnerabilitat.

The Church of Santa Catalina is a unique building within the historical heritage of the city of Valencia due to different aspects. Among them, it could be noted its medieval origin and its unusual plan layout, because of both the asymmetry of its side chapels and its particular ambulatory with an even number of radial chapels. Moreover, there are uncertainties of its constructive evolution that are reflected on the façade on Lope de Vega square. In addition, there is the importance of its bell tower, which is considered to be a key example of the Valencian Baroque.

This study provides information on its constructive process logic, linking its typological evolution with the different historical periods that the building has lived. The historical study, not only of the temple in particular but also of its surrounding environment, reveals important data about the structural design along the building's history. Access to previously unpublished artwork provides a greater insight on the temple. With all this, the church can be classified within the Mediterranean Gothic style, characterized by a diaphragmatic system that gives the ensemble a better behaviour for resisting seismic forces.

Furthermore, this study provides an exhaustive and unpublished structural analysis, which results explain its behaviour in the different construction stages and the current state response facing horizontal seismic forces. For this purpose, a structural model has been developed. This model reproduces accurately the current shape of the temple by using the 3D laser scanner, a nondestructive technique which results are shown in this investigation. For the structural analysis of the ensemble formed by the church and its belfry, the most advanced calculation methods available to date are used. By means of the developed finite element numerical model, several analytical methods have been carried out, such as a linear static analysis for gravitational loads, a modal analysis, a nonlinear static procedure (pushover) and, finally, a nonlinear dynamic analysis (time-history). The results obtained in these analyses provide information about its structural behaviour, its collapse mechanism and its vulnerability index.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	17
1.1 La historia gráfica de Valencia desde 1238	19
1.2 El alzado de la ciudad: la importancia de los campanarios	36
1.3 Clasificación de las parroquias intramuros de origen medieval	38
1.4 Relación cronológica de acontecimientos	60
2. OBJETIVOS	77
3. LA IGLESIA DE SANTA CATALINA	81
3.1 Su relevancia histórica	92
3.2 Problemas estructurales de su evolución constructiva	98
4. ANTECEDENTES	105
4.1 Constructivo - estructurales	107
4.2 Métodos de análisis	117
4.2.1 Tipos de Cálculo	117
4.2.2 Modelo de Daño	123
4.2.3 Acciones sísmicas	127

5. METODOLOGÍA	133
5.1 Documentación y toma de datos	135
5.2 Intervenciones en la Iglesia como fuente de datos constructivos y estructurales	139
5.2.1 Proyecto de Luis Gay_ 1950-1963	139
5.2.2 Proyecto de Jose Ignacio Casar_ 2001-2004	164
5.3 Escaneado láser	184
6. LA ESTRUCTURA DE SANTA CATALINA	203
6.1 Análisis Límite	205
6.2 Descripción de los modelos de cálculo	213
6.3 Caracterización de los materiales	215
6.4 Modelo 1.1_ Dos crujías, con diafragmas, bóvedas de piedra y cubierta plana	220
6.5 Modelo 1.2_ Dos crujías, sin diafragmas, bóvedas de piedra y cubierta plana	229
6.6 Modelo 1.3_ Dos crujías, sin diafragmas, bóvedas de piedra y cubierta inclinada	237

6.7 Modelo 1.4_ Dos crujiás, sin diafragmas, bóvedas de ladrillo y cubierta inclinada	243
6.8 Modelo 1.5_ Dos crujiás, ausencia de capillas laterales a ambos lados	246
6.9 Modelo 2_ Conjunto, sin diafragmas, bóvedas de ladrillo y cubierta inclinada	249
6.10 Modelo 3_ Campanario exento	262
7. CONCLUSIONES	267
8. INVESTIGACIONES FUTURAS	277
9. BIBLIOGRAFÍA	283
10. ANEXO_ LEVANTAMIENTO GRÁFICO	309

1. INTRODUCCIÓN

Imagen 1.1_

Trazado de las murallas romana, musulmana y cristiana de la ciudad de Valencia. Distribución de barrios y arrabales.

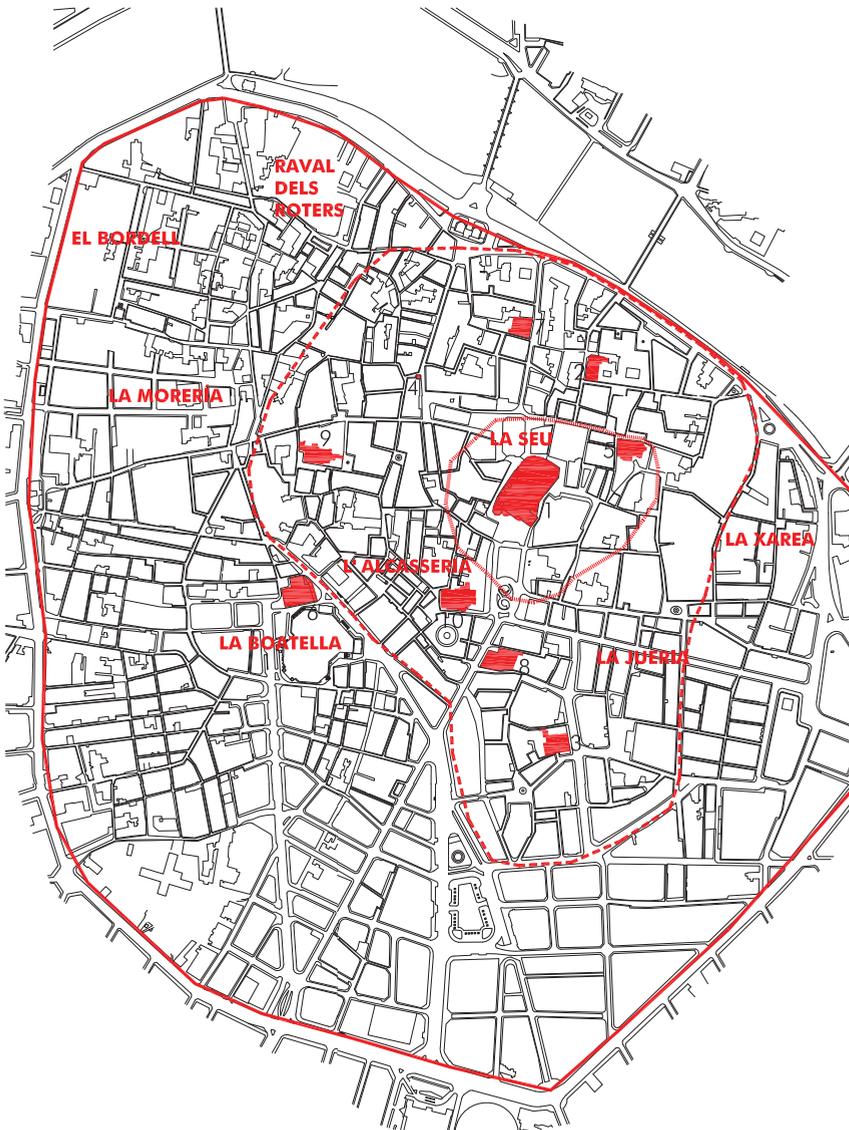
Localización de las diez parroquias de origen medieval intramuros que todavía se conservan.

Elaboración_

De la autora. 2014.

- Muralla Romana
- - - - - Muralla Musulmana
- Muralla Cristiana

- 1_ Catedral
- 2_ El Salvador
- 3_ San Andrés
- 4_ San Bartolomé
- 5_ San Esteban
- 6_ Santos Juanes
- 7_ San Lorenzo
- 8_ San Martín
- 9_ San Nicolás
- 10_ Santa Catalina



1.1 LA HISTORIA GRÁFICA DE VALENCIA DESDE 1238

En el análisis de cualquier pieza arquitectónica de la categoría de la que vamos a abordar en esta tesis doctoral, la Iglesia de Santa Catalina, es fundamental conocer su origen y entender el contexto histórico, social y urbano en el que se construyó. Valencia es una ciudad de origen romano y su historia escrita está ampliamente estudiada y recogida en numerosos documentos. Es interesante complementar ese conocimiento aportado por la historia escrita con la documentación gráfica consultada. A veces existen contradicciones entre la información aportada por las fuentes escritas y las gráficas.

El estudio de la evolución de Valencia desde su época medieval se va a enfocar desde un punto de vista gráfico. Los documentos, formados por planos, dibujos y litografías, reflejan la evolución y desarrollo de la ciudad. Todos ellos muestran imágenes aéreas de Valencia, bien sean perspectivas (dibujos en 3D) o representaciones en planta (vista superior en 2D). Estas fuentes nos proporcionan información gráfica de la ciudad desde distintos puntos de vista y en diferentes épocas.

Como se observa en la imagen de la izquierda, cuando Jaime I conquistó Valencia en 1238, la ciudad estaba protegida por la antigua muralla árabe construida en el siglo XI. Esta muralla encerraba un barrio conocido como la Judería o Call, donde residían los judíos que quedaban en la ciudad. Había varios arrabales¹ extramuros como, por ejemplo, els Roters, el Bordell, la Morería (al oeste de la muralla), la Boatella al sur y la Xarea al este. El trazado interior de la ciudad respondía a los cinco siglos de época musulmana anterior. Sus viales eran estrechos, tortuosos y sin espacios libres.²

¹ _ Según la RAE, arrabal es un barrio fuera del recinto de la población a la que pertenece.

² _ Sanchis, 1999, 60-63.

Tras el Repartiment³, los musulmanes que se quedaron en la ciudad se trasladaron a la Morería. En esa época se creó el mercado frente a la Alcaicería. Los viarios y las viviendas se transformaron para adaptarse al distinto modo de vida de sus nuevos ocupantes procedentes de Cataluña, Aragón y Navarra. Fue el inicio del Reino de Valencia, que marcó también el inicio de la época cristiana de la ciudad. La ciudad cristiana se agrupó en trece parroquias (barrios) y cada una contaba con una iglesia y un cementerio propio. Las parroquias se coordinaban entre sí mediante los toques de campanas⁴. La ciudad se ordenó según las siguientes parroquias⁵, clasificadas atendiendo a su situación intramuros o extramuros y su pervivencia hasta la actualidad:

Intramuros Muralla Medieval_

Catedral de Santa María de Valencia

Iglesia de El Salvador

Iglesia de San Andrés Apóstol (actual San Juan de la Cruz)

Iglesia de San Bartolomé Apóstol (únicamente se conserva su campanario)

Iglesia de San Esteban

Iglesia de San Lorenzo

Iglesia de San Martín Obispo

Iglesia de San Nicolás y San Pedro Mártir

³ _ El Repartiment es un acto en el que se donan las propiedades incluidas en el Reino de Valencia entre los caballeros que ayudaron al Rey D. Jaime en la Conquista y que después poblaron la ciudad. Estas donaciones quedan registradas en el Llibre del Repartiment, escrito entre 1239 y 1270.

⁴ _ Llop, 1991, 54.

⁵ _ Salvador, 2001-2002, 361-378.

En este texto se justifica la ausencia de la Parroquia de San Juan del Hospital en esta clasificación. Según la autora, se trataría de una parroquia *sui generis*, sin territorialidad, por lo que a pesar de que pudiera ejercer funciones parroquiales, éstas afectaron únicamente a los caballeros de la Orden de su mismo nombre por lo que no pudo dejar impronta en estas divisiones urbanas de origen parroquial. Nos inclinamos a pensar que por la misma razón tampoco aparece la Iglesia del Temple en esta clasificación urbana, ya que ambas construcciones existen ya en época medieval.

Iglesia de Santa Catalina Mártir
Iglesia de Santo Tomás Apóstol (desaparecida actualmente)
Intramuros Muralla Cristiana (en las proximidades de la medieval)_
Iglesia de San Juan de la Boatella (actual Santos Juanes)
Iglesia de la Santa Cruz (desaparecida actualmente)
Extramuros Muralla Cristiana_
Iglesia de San Valero

El siglo XIV fue una época de crisis, marcada por la gran peste de 1348-1350, las epidemias posteriores y el ataque de la ciudad de Valencia por Pedro el Cruel de Castilla en 1363-1364. Sin embargo el siglo XV fue un periodo de gran esplendor, con gran actividad comercial y arquitectónica. Los maestros de obras más destacados que trabajaron en la ciudad en esa época fueron Pere Balaguer, Martí Llobet, Antoni Dalmau, Francesc Baldomar y Pere Compte. Ellos fueron los responsables de la experimentación formal e innovaciones artísticas que sufrió la arquitectura en Valencia.

Siguiendo la evolución cronológica, y analizando los planos de Valencia, destacamos y comentamos a continuación el dibujo de Wijngaerde, el plano de Manceli y el del Padre Tosca. Estos tres documentos elegidos son importantes ya que muestran la evolución constructiva y estructural de las iglesias y campanarios que posteriormente se analizaran. Todos ellos son imágenes aéreas, ya sean perspectivas o bien representaciones en planta de la ciudad. De entre todos los documentos bibliográficos consultados cabe resaltar la tesis doctoral de Francisco Juan Vidal de 1999, titulada "José Mínguez, arquitecto del siglo XVIII. Un modelo de campanario". En ella analiza y comenta la representación de las iglesias y campanarios en las fuentes gráficas que se destacan a continuación. Además se recoge el estudio que de estas imágenes hacen otros autores como Joaquín Bérchez, Fernando Benito Domenech, Carlos Campos, Nuria Álvarez, Concha Camps, José Ignacio Casar Pinazo e Inés Esteve Sebastía.

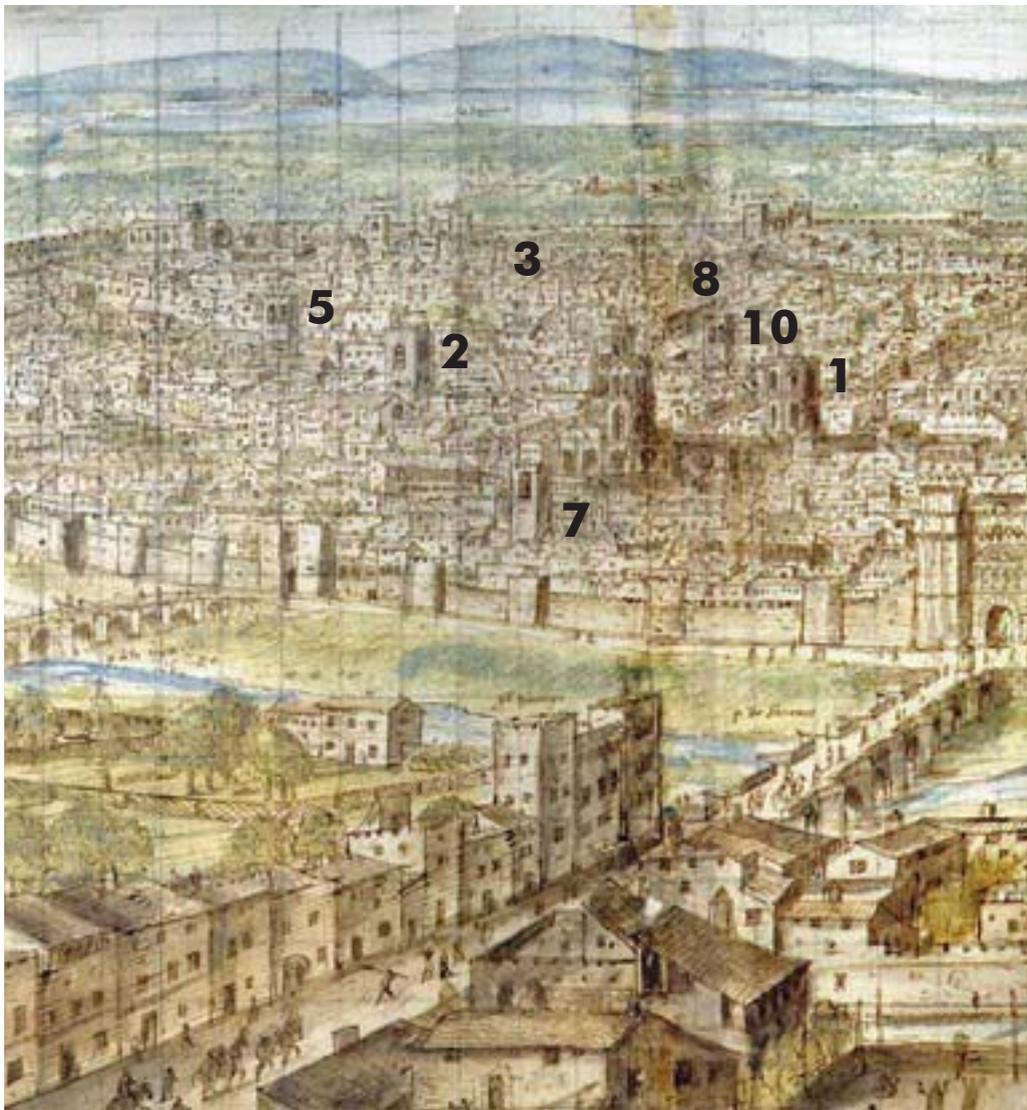


Imagen 1.2_

Dibujo de la ciudad realizado por Wijnngaerde en 1563

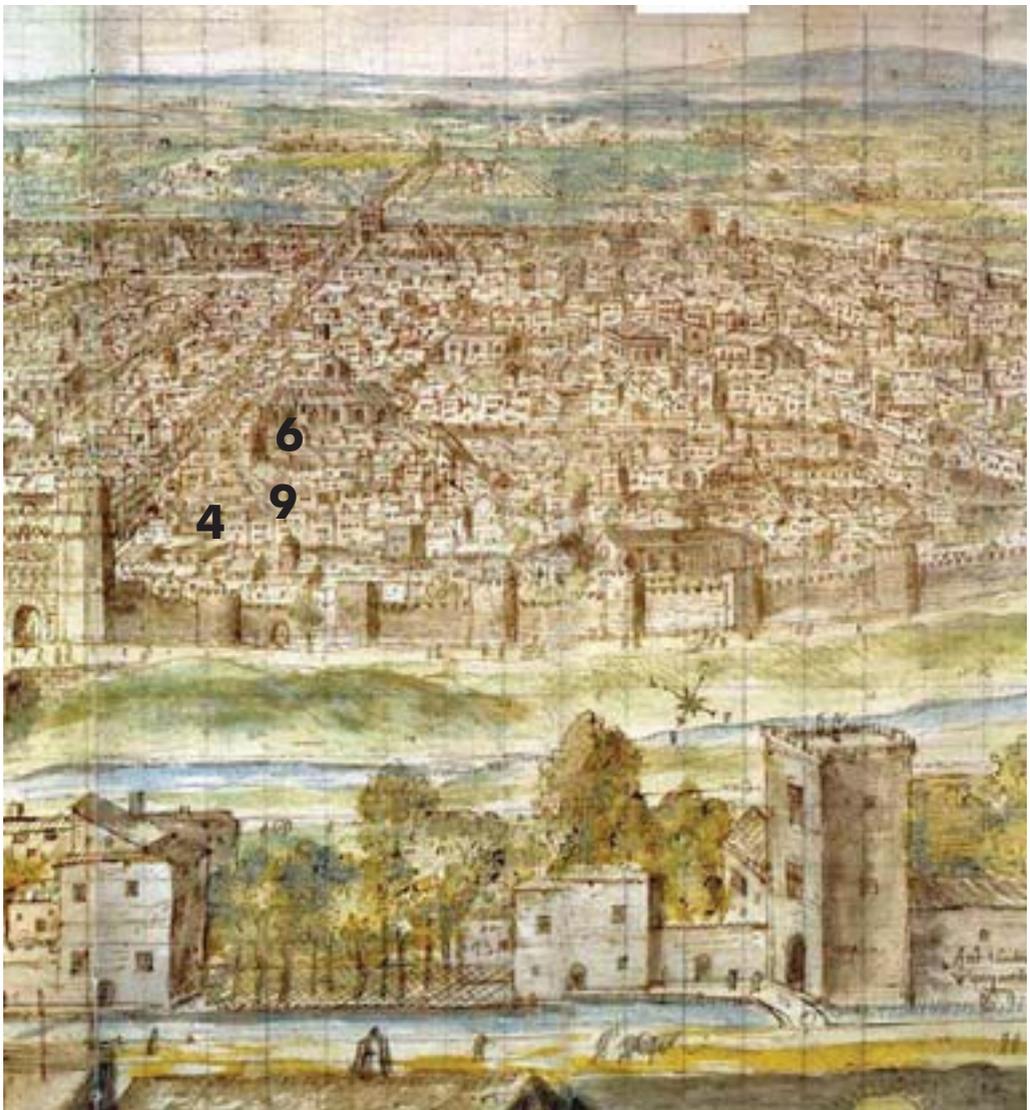
Comentario_

Perspectiva aérea vista desde el norte de la ciudad

Fuente_

Archivo de Arquitectura y Urbanismo de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia

- 1_ Catedral
- 2_ El Salvador
- 3_ San Andrés
- 4_ San Bartolomé
- 5_ San Esteban
- 6_ Santos Juanes
- 7_ San Lorenzo
- 8_ San Martín
- 9_ San Nicolás
- 10_ Santa Catalina



1563: Dibujo de la ciudad por Anthonie van den Wijngaerde_

En la representación se refleja, entre otras cosas, la ampliación de la Iglesia de San Martín. En el siguiente texto, Carlos Campos hace una descripción del edificio según se muestra en la vista de la ciudad. Destaca algunas contradicciones del dibujo con la historia escrita del edificio, como la ausencia de un campanario en el lado sur, la tipología de los huecos en fachada y el número de capillas.

*“La nave constaba de cinco tramos con ventanas de importante tamaño y dos tramos más, hacia oriente, en este caso con huecos de menor dimensión. Son apreciables los contrafuertes con insinuación de gárgolas y la cubierta de bóveda, con incisión de los arcos fajones. Existe en el dibujo una diferenciación notable en los dos últimos tramos de la iglesia, que insinúan un cambio en la forma y diferencia de altura en la cubierta, si bien mantienen la cornisa del resto del templo. Por lo que se refiere a la fachada de los pies, se dibuja un remate en frontón y un gran óculo. No se advierte ningún tipo de torre campanario en el lado sur, punto de emplazamiento del primitivo, según la documentación historiográfica. De los datos extraídos de la propia obra hay que señalar algunas diferencias respecto del dibujo de Wijngaerde. La secuencia de ventanales del frente norte no es tal, ya que en el edificio se advierte la alternancia de esbeltos ventanales ojivales y óculos. El número de capillas es de seis por lado, de modo que el penúltimo tramo correspondería a una capilla idéntica a las demás, como se puede ver en la realidad de la obra. Por lo que respecta al gran óculo de la fachada occidental, su huella se puede comprobar en dicho paramento. Desgraciadamente el dibujo solo insinúa la portada de los pies donde, en esa época, ya debería estar instalada la escultura de San Martín.”*⁶

Carlos Campos comenta el estado en el que se encuentra la Iglesia de los Santos Juanes según el dibujo de 1563. En él se grafía la nave sin terminar, ya que el ábside se cons-

⁶ _ Campos, 2009, 108-109.

truyó más tarde, entre 1603 y 1608. Además destaca de la Iglesia de San Esteban el ábside poligonal con tejado y la nave de la iglesia a un nivel inferior con terraza y antepecho. Se advierten los contrafuertes y las ventanas de la nave rectangulares y con arco de medio punto. Su campanario, posiblemente construido en el siglo XIV a los pies de la iglesia, de planta cuadrada y con un único hueco en cada uno de los lados en el cuerpo de campanas, aparece representado con almenas, así como en Manceli y Tosca.⁷

La Iglesia de Santa Catalina se representa como un templo parroquial de una sola nave, con capillas laterales entre contrafuertes, una cabecera poligonal y un campanario cúbico a los pies.⁸ José Ignacio Casar hace una descripción de las cubiertas y de la torre primitiva de Santa Catalina según este dibujo hecho 21 años antes del incendio de 1584:

“La representación del templo muestra una construcción de considerables dimensiones en la que deben considerarse los siguientes aspectos: la cubierta del presbiterio y de la nave central carecen de continuidad, sin que queden claros los motivos de discontinuidad; ambas cubiertas se circunscriben espacialmente a la nave central y apoyan directamente sobre los muros perimetrales; (...) aparece representada una torre cúbica situada a los pies de la iglesia, a la que se le otorga un importante volumen pues supera en un cuerpo la cumbrera superior; y, en último lugar procede reseñar la extraña ausencia del imafrente (...). Resulta de interés hacer notar que la torre cúbica de Santa Catalina vinculada a la fachada de los pies de la iglesia, era un excelente acceso a las cubiertas del edificio que enlazaba con la escalera de piedra picada allí existente.”⁹

⁷ _ Esteve, 2009.

⁸ _ Bérchez, 1995, 106-107.

⁹ _ Casar, 2001.



Imagen 1.3_

Plano de la ciudad de Valencia realizado por Manceli en 1608

Comentario_

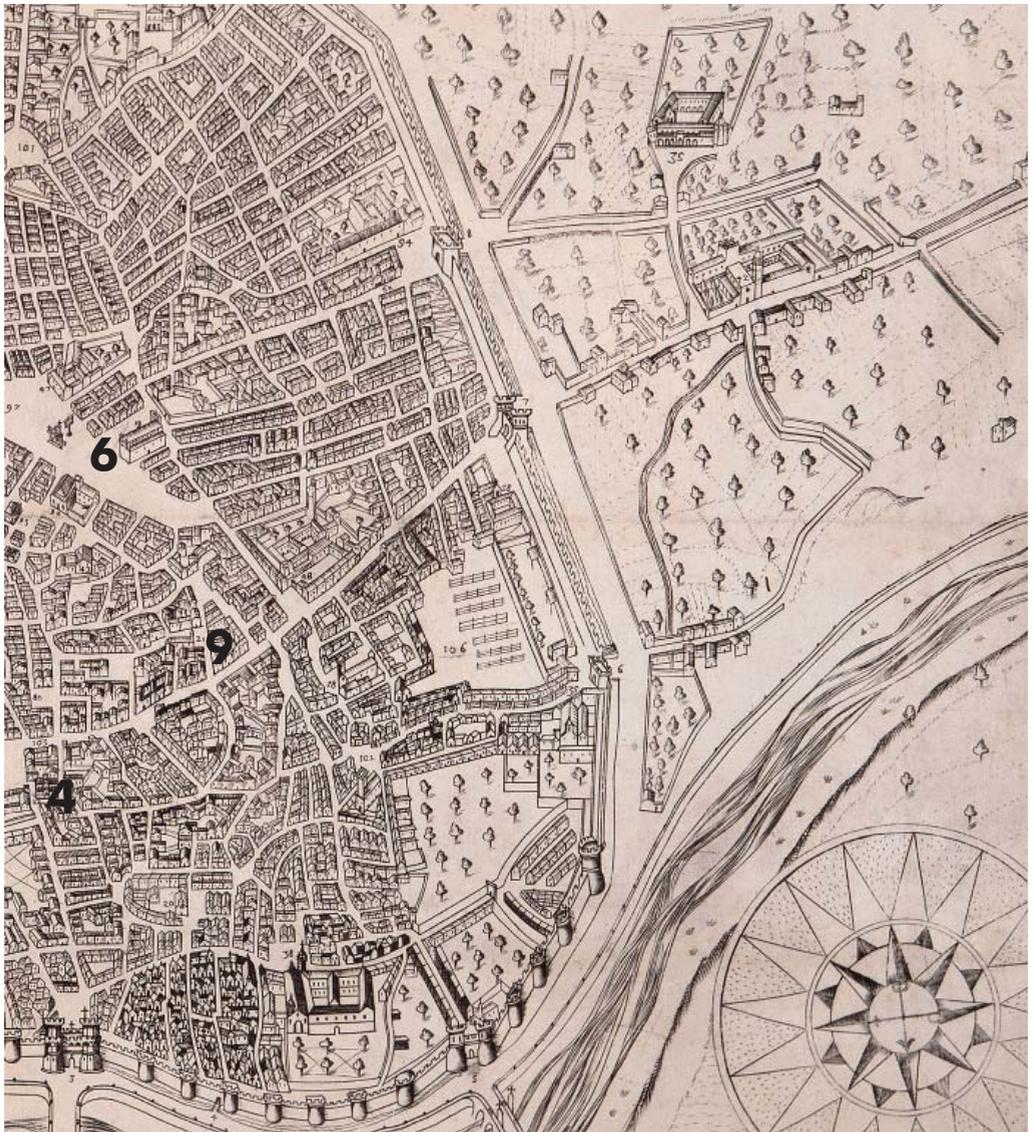
Vista en planta de la ciudad con el Norte hacia abajo

Fuente_

Archivo de Arquitectura y Urbanismo de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia



- 1_ Catedral
- 2_ El Salvador
- 3_ San Andrés
- 4_ San Bartolomé
- 5_ San Esteban
- 6_ Santos Juanes
- 7_ San Lorenzo
- 8_ San Martín
- 9_ San Nicolás
- 10_ Santa Catalina



1608: Plano de Manceli_

El historiador Fernando Benito Domenech, analiza en su artículo sobre el plano de Manceli distintos aspectos constructivos y compositivos de las Iglesias intramuros. Entre ellos menciona el Miguelete con su anterior espadaña y reloj. Destaca las cubiertas planas y transitables de los templos y la ausencia de Capillas de Comunión y de campanarios barrocos, que se construirían más tarde. Observa el campanario de San Martín en su antigua ubicación al lado sur mientras que el campanario de los Santos Juanes aún se grafía sin el recredido de ladrillo. Realiza un comentario importante sobre la Iglesia de San Bartolomé (la más antigua de la ciudad de Valencia según las crónicas), ya que se representa en su estado inicial, previo a la reconstrucción de finales del siglo XVII.

“...La torre del Miguelete aparece dibujada con la primitiva espadaña y con el antiguo reloj mecánico que tuvo entre 1446 y 1684. (...) También es curioso observar que las cubiertas de las viejas iglesias góticas carecían de tejas y se cubrían con terrados, sistema que hoy se le ha devuelto a la catedral tras su restauración última. Muy interesante resulta el aspecto de la antigua parroquia de San Bartolomé, la primitiva de Valencia según las crónicas, que en 1666 se arrasó por completo para construir otra mayor que se acabaría en 1682 (destruida en la actualidad) que es la que Tosca representa en su plano. Sobre las parroquias en general, es interesante notar en ellas la carencia de transagrarios y capillas de comunión adosadas, elementos que fueron incorporados luego a raíz de las disposiciones del sínodo del arzobispo Isidoro Aliaga en 1631 y que son bien visibles en el plano de Tosca. También se observa la ausencia de los vistosos campanarios barrocos -tan abundantes en Valencia- que fueron construidos bastante después de 1608 recreciendo los antiguos en algunos casos o levantándolos enteros en otros. La parroquia de San Martín aún presenta aquí su antiguo campanario en el lado contrario al actual (construido entre 1621-1627) y en San Juan del Mercado, la torre, recrecida

*después, no sobrepasa aquí la altura del vértice de la cubierta del templo.”*¹⁰

Se desconoce la ubicación exacta del cementerio (fossar) de la Iglesia de San Esteban, pero se supone en las inmediaciones de la iglesia. Podría estar a la espalda de la cabecera de la iglesia, ya que en el plano de Manceli se observa un “espacio descubierto cerrado por un muro y a eso se añade la noticia de que ante las inminentes obras que se producirían a principios del siglo XVII se pagan unos jornales “per desfer lo fossar”, indicando un posible cambio de emplazamiento en esta fecha.”¹¹

Respecto a la Iglesia de San Lorenzo, el plano de Manceli indica que existió un campanario anterior en la ubicación que señala Mínguez, en la sacristía a las espaldas de la Capilla de la Comuni3n, al otro lado del presbiterio. Adem3s Mínguez inform3 “que el nuevo campanario ser3a cuadrado, de 25 palmos de lado. Una profundidad de cimentaci3n de 15 palmos. Los 3’41m de profundidad parecen ahora m3s arriesgados si cabe, teniendo en cuenta que se deb3an excavar junto a los muros del templo existente.”¹²

Pingarr3n resalta que en el plano de Manceli se reconoce el templo de Santa Catalina, su tejado y su roset3n en el imafrente.¹³

¹⁰ _ Benito, 1992, 29-37.

¹¹ _ 3lvarez, 2009, 26.

¹² _ Juan, 1999, 206-207..

¹³ _ Pingarr3n, 2002, 12.



Imagen 1.4_
Plano del Padre Tomás Vi-
cente Tosca en 1704

Comentario_
Vista en planta de la ciudad
con el Norte hacia abajo

Fuente_
Archivo de Arquitectura y Ur-
banismo de la Escuela Técni-
ca Superior de Arquitectura de
Valencia



- 1_ Catedral
- 2_ El Salvador
- 3_ San Andrés
- 4_ San Bartolomé
- 5_ San Esteban
- 6_ Santos Juanes
- 7_ San Lorenzo
- 8_ San Martín
- 9_ San Nicolás
- 10_ Santa Catalina



1704: Plano del Padre Tomás Vicente Tosca “Valencia Edetanorum...” _

Según señala Francisco Juan, los campanarios de las Iglesias de El Salvador y San Esteban eran los únicos de la ciudad que aún mantenían su estructura medieval¹⁴. El cuerpo de campanas de la torre campanario de San Esteban ya se dibuja en su nuevo emplazamiento, enfrente de la puerta que recae a la plaza de San Esteban.¹⁵

Respecto a la Iglesia de San Martín, en el catálogo de La Gloria del Barroco se hace una descripción de cómo Tosca la retrata, con bastante falta de detalle en el cuerpo del templo y mucha rigurosidad en el campanario.

*“...en lo referente a la iglesia de San Martín, el alzado norte donde se delinea la cubierta ya a dos aguas y cabecera poligonal, si bien no se indica la linterna que la corona. Tampoco se dibujan los contrafuertes entre capillas, y sí que aparece la capilla de la Comunión, con su cúpula. La falta de precisión en el dibujo general se contradice en la torre campanario, aquí especificada en su giro respecto de la fachada de la calle de San Vicente. La torre se indica con las molduras de cornisas de sus diferentes cuerpos y la terminación apilastrada de sus esquinas en el cuerpo superior. Este se corona con un cuerpo retranqueado de la balastrada, poligonal y terminado con cupulín y veleta.”*¹⁶

La torre de la iglesia de San Lorenzo, dibujada en el plano de Tosca, ya no existía cuando Cruilles escribió su obra en 1875, por lo que el actual campanario es moderno.¹⁷

Respecto a la Iglesia de Santa Catalina, ya se dibuja la torre actual con muy poca definición del cuerpo del remate y cabe resaltar que no está representada la torre primitiva a los pies de la iglesia, cuyo desmontaje se capitula hacia 1740. Sobre las cubiertas José

¹⁴ _ Juan, 1999, 74-85 y 488.

¹⁵ _ Álvarez, 2009, 26.

¹⁶ _ Campos, 2009, 111.

¹⁷ _ Bérchez, 1995, 220.

Ignacio Casar señala que *“la imagen que Tosca ofrece de las cubiertas es inequívoca: se trata de una cubierta inclinada, de teja en la que los tramos de la nave y del presbiterio están resueltos con solución de continuidad. La cubierta debe ser la que se construye o reconstruye tras el incendio de 1584.”*¹⁸

La principal evolución constructiva de las iglesias medievales queda representada en estos tres planos que se acaban de comentar, sin embargo la ciudad de Valencia ha seguido plasmándose en más documentos gráficos. Por citar un ejemplo de cada tipo, podríamos mencionar la vista en planta de 1808, Plano de la ciudad de Valencia al ser atacada por el Mariscal Moncey; la litografía de Alfred Guesdon en 1858, un dibujo en 3D donde se representa una perspectiva aérea desde el norte de la ciudad; o el Proyecto General del Ensanche de la Ciudad de Valencia, realizado por los arquitectos Sebastián Monleón Estellés, Antonino Sancho y Timoteo Calvo en el mismo año.

Es mucha la documentación gráfica encontrada de la ciudad de Valencia, sin embargo resulta interesante destacar el documento de 1929, Plano de nuevas líneas para la reforma del interior de Valencia, en el que se realiza una propuesta de prolongación de la Calle de la Paz, para la que sería necesaria la demolición de la Iglesia de Santa Catalina aunque conservaría la torre campanario. Afortunadamente este proyecto no se llevó a cabo, como más adelante se explicará.

¹⁸ _ Casar, 2001.



34



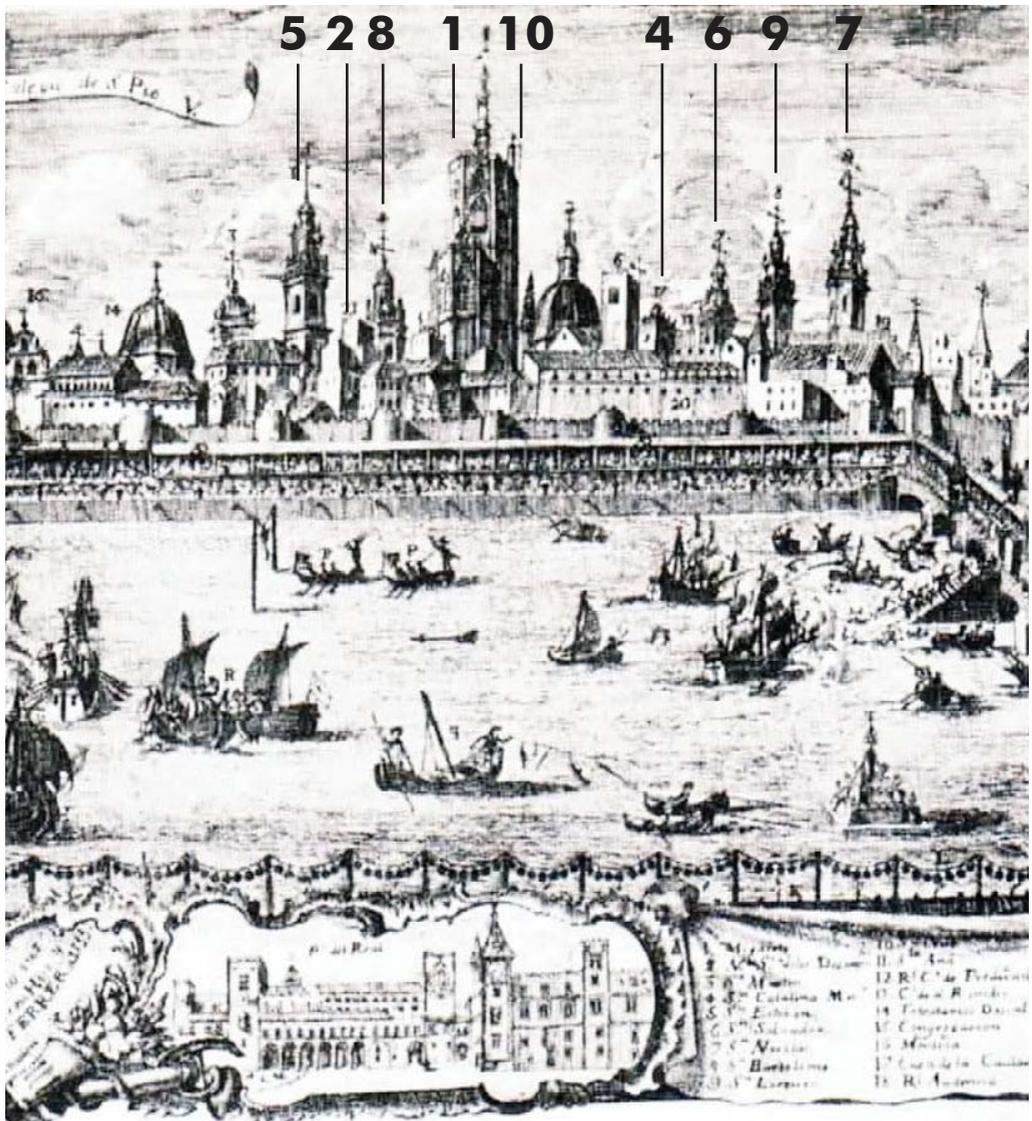
Imagen 1.5_

Naumaquia que se celebró en 1755 con motivo del 300 aniversario de la canonización de San Vicente Mártir. Destaca la abundancia de campanarios en la ciudad

Fuente_

Archivo de Arquitectura y Urbanismo de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia

- 1_ Catedral
- 2_ El Salvador
- 3_ San Andrés
- 4_ San Bartolomé
- 5_ San Esteban
- 6_ Santos Juanes
- 7_ San Lorenzo
- 8_ San Martín
- 9_ San Nicolás
- 10_ Santa Catalina



1.2. EL ALZADO DE LA CIUDAD: LA IMPORTANCIA DE LOS CAMPANARIOS

Continuando con el análisis de la ciudad a través de la documentación gráfica, se debe destacar el papel protagonista de los campanarios en una vista de alzado de la ciudad. Salvo casos muy concretos, como por ejemplo la Catedral, la mayoría de las iglesias valencianas levantadas hasta el siglo XVII no tenían crucero, y por lo tanto existían pocas cúpulas o cimborrios. La proliferación de las cúpulas en la ciudad de Valencia se concentra en los siglos XVI a XVIII, como estudia Rafael Soler Verdú en su tesis doctoral realizada en 1995 "La cúpula en la arquitectura moderna valenciana. Siglos XVI a XVIII".

Sin embargo, la existencia de las torres campanario en la ciudad está datada ya desde el siglo XIII. Las torres previas a la Conquista de Jaime I son prismáticas y de construcción sencilla y tosca, seguramente con función defensiva y militar. A partir de 1238, se levantan más torres campanario, ya relacionadas con su correspondiente iglesia cristiana. No es de extrañar entonces que las torres campanario adquiriesen el papel protagonista en el paisaje de la ciudad, convirtiéndose en hitos e iconos arquitectónicos, según relata Francisco Juan:

*"Así pues, la torre campanario asumió el papel emblemático y representativo de cada iglesia. Poco a poco, en el perfil de la ciudad se fueron reconociendo estos elementos como referentes arquitectónicos."*¹⁹ "Estos testimonios del siglo XVII, todos provenientes de la clase eclesiástica, nos revelan que las torres-campanario de los templos de las ciudades de la época eran mucho más que estructuras sustentantes de campanas. Cumplían una importante función social que superaba el estricto ámbito de la iglesia."²⁰ Sobre la muralla árabe, en la fachada de la ciudad, únicamente se veía la catedral trecentista y alguna torre campanario con aspecto militar como la del Salvador, porque

¹⁹ _ Juan, 1999, 62.

²⁰ _ Juna, 1999, 20..

el resto de parroquias aún no habían comenzado a construirse. Poco a poco se fueron levantando las nuevas iglesias cristianas, muchas de ellas sobre antiguas mezquitas.²¹

En la imagen 1.5, pese a representar una Naumaquia como escena principal y por lo tanto en primer plano, se dedica un gran esfuerzo a detallar todos los elementos que sobresalen por encima del lienzo de la muralla. El segundo plano es una representación del alzado de la ciudad, en la que se pueden identificar los distintos campanarios y ya alguna cúpula, puesto que el grabado pertenece al siglo XVIII y en ese momento en la ciudad ya proliferaban las cúpulas. Este dibujo muestra el papel protagonista que tenían los campanarios en esta visión de la ciudad, no solo por su abundancia sino también por la calidad del dibujo en su representación en un plano secundario.

Víctor Hugo destacó de Valencia sus campanarios en su poema Grenade (de les Orientales). Concretamente escribió: *“Valence a les clochers de ses trois cents églises”*.²² Nunca han habido tantas, pero destacaban en la distancia mostrando una vez más la importancia que las torres tenían dando carácter a la ciudad.

En una ciudad llana, sin hitos geográficos que caractericen el alzado urbano, el campanario fue usado como recurso paisajístico que dotó de identidad a la silueta de ciudad de Valencia. Una vez comprobada la importancia de las parroquias y sus campanarios, será necesario su estudio pormenorizado.

²¹ _ Como ejemplo, la nave de la parroquia de los Santos Juanes estaba en construcción con andamios en ese momento, según Arturo Zaragoza en su libro *Arquitectura Gótica Valenciana, siglos XIII-XV*, p 123.

²² _ Valencia tiene los campanarios de sus trescientas iglesias.

1.3 CLASIFICACIÓN DE LAS PARROQUIAS INTRAMUROS DE ORIGEN MEDIEVAL

A continuación se realizan unas fichas en las que se resumen los aspectos más importantes relacionados con el estudio constructivo y estructural de las parroquias de origen medieval situadas dentro de la muralla árabe de la ciudad de Valencia y que perviven hasta la actualidad.

Las parroquias analizadas son las siguientes (identificadas cada una de ellas por unas siglas que harán referencia a cada Iglesia en todo el presente documento):

- C_** Catedral
- ES_** El Salvador
- SA_** San Juan de la Cruz (antigua San Andrés)
- SB_** San Bartolomé
- SE_** San Esteban
- SJ_** Santos Juanes
- SL_** San Lorenzo
- SM_** San Martín
- SN_** San Nicolás
- SC_** Santa Catalina

De cada una de ellas se ha estudiado su historia realizando una línea cronológica y relacionando los hechos históricos, sociales y fenómenos naturales acontecidos con la evolución del edificio, ya que esos hechos han influido en su proceso constructivo. Además se señala el autor, la protección y se hace una breve descripción tanto de la iglesia como de su campanario resaltando los materiales con los que se construyó. Todas las fichas se acompañan de documentación gráfica consistente en una planta del templo en la que se marca la ubicación del campanario y una fotografía del edificio.

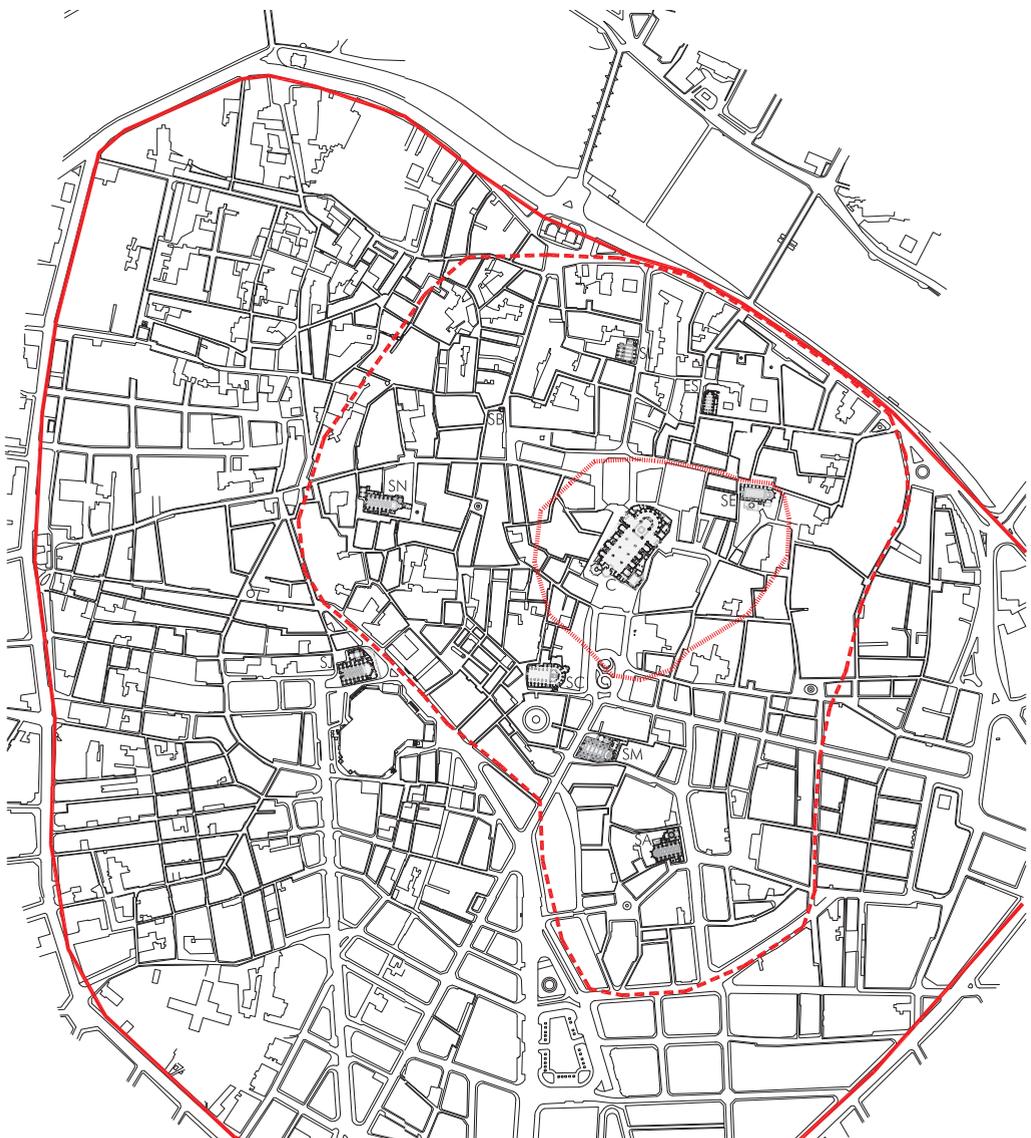
- C_ Catedral_ Plaza de la Virgen, nº 10
- ES_ El Salvador_ C/ Salvador, nº 10
- SA_ San Andrés_ C/ Poeta Querol, nº 6
- SB_ San Bartolomé_ Plaza de Manises, nº 3
- SE_ San Esteban_ Plaza de San Esteban, nº 5
- SJ_ Santos Juanes_ Plaza Comunión de San Juan, nº 4
- SL_ San Lorenzo_ Plaza San Lorenzo, nº 1
- SM_ San Martín_ Calle San Vicente Mártir, nº 11
- SN_ San Nicolás_ Plaza San Nicolás, nº 8
- SC_ Santa Catalina_ Plaza Virgen de la Paz, nº 8

Imagen 1.6_

Trazado de las murallas romana, musulmana y cristiana de la ciudad de Valencia. Localización de las diez parroquias de origen medieval intramuros que todavía se conservan.

Elaboración_

De la autora. 2014.



C_ CATEDRAL_

Autor_

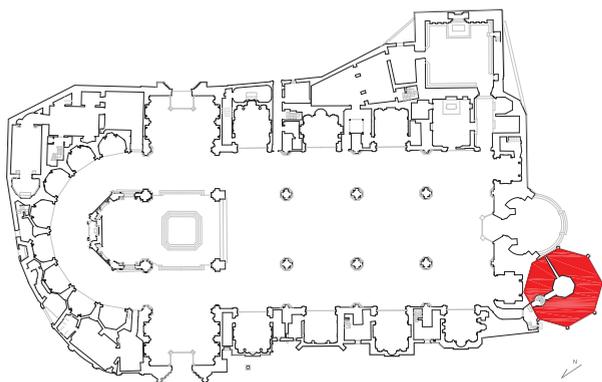
Iglesia: P. Balaguer, M. Llobet, A. Dalmau, F. Bal-domar, P. Compte. Campanario: A. Juliá, M.Llobet

Protección_

Bien de Interés Cultural

Historia_

CONSGRACIÓN DEL TEMPLO _1238	1238_ CONQUISTA DE JAIME I
COLOCACIÓN DE LA PRIMERA PIEDRA DE LA CATEDRAL _1262	
	1348-1350_ GRAN PESTE Y EPIDEMIAS
SE INICIA EL AULA CAPITULAR _1356	
	1356-1370_ ENSANCHE DE VALENCIA Y MURALLA CRISTIANA
INICIO DEL CIMBORRIO _1370	
EL 28 DE MAYO SE PRESENTA EL PROYECTO DE NUEVO CAMPANARIO _1376	
EXPROPIACIÓN Y DERRIBO DE ONCE VIVIENDAS _1380	
EL MAESTRO ANDREU JULIÁ EMPIEZA LA CONSTRUCCIÓN DEL CAMPANARIO _1381	
	1396_ TERREMOTO
JOSÉ FRANCH INTERVIENE EN EL CIMBORRIO _1396	
EL MIGUELETE LLEGA AL TERCER CUERPO _1412	
EL MIGUELETE LLEGA AL CUARTO CUERPO _1415	1414_ VIAJES DE PERE BALAGUER PARA ESTUDIAR CAMPANARIOS
JOAN DEL POYO CONSTRUYE EL RELOJ DEL CAMPANARIO _1418	
MARTÍ LLOBET REALIZA EL ANTEPECHO DE LA TERRAZA DEL MIGUELETE _1424	
PROLONGACIÓN DELANTERA DE LAS NAVES DE LA CATEDRAL _1426	
FINALIZA LA OBRA DEL MIGUELETE _1429	
MARTÍ LLOBET REPARA EL CIMBORRIO _1432	
BALDOMAR EMPIEZA LA AMPLIACIÓN DE LA CATEDRAL POR SUS PIES _1440	
ANTONI DALMAU PROYECTA UN REMATE DE LA TORRE QUE NO SE CONSTRUYE _1453	
PERE COMPTE TERMINA LA AMPLIACIÓN DE LA CATEDRAL POR SUS PIES _1480	
	1563_ WUNGAERDE
	1608_ PLANO DE MANCELLI
	1633_ SE PUBLICA "ARTE Y USO DE ARQUITECTURA"
	1631_ SE PUBLICAN "LAS ADVERTENCIAS"
SE REHACE UNO DE LOS PILARES DEL CRUCERO (LADO EVANGELIO) _1660	
CONSTRUCCIÓN DE LA BARROCA PORTA DELS FERROS DE LA CATEDRAL _1703	1704_ PLANO DEL PADRE TOSCA
TOMÁS VICENTE TOSCA ESTUDIA EL CIMBORRIO EN SU TRATADO _1712	
SE ELEVA EN EL CAMPANARIO LA ESPADAÑA BARROCA ACTUAL _1736	
	1748_ TERREMOTO
	1755_ III ANIVERSARIO CANONIZACIÓN S. VICENTE
	1768_ SE CREA LA REAL ACADEMIA DE BELLAS ARTES DE SAN CARLOS
RECUBRIMIENTO NEOCLÁSICO EN EL INTERIOR DE LA CATEDRAL _1774	
ANTONIO GILBERT INTERVIENE EN OTRO PILAR (LADO EPÍSTOLA) _1777	
LA CATEDRAL ES NOMBRADA MONUMENTO HISTÓRICO ARTÍSTICO _1931	1936_ GUERRA CIVIL ESPAÑOLA
TRABAJOS PARA RECUPERAR LA CATEDRAL GÓTICA _1970	
RAMIRO MOYA Y LUIS GAY REALIZAN UN PROYECTO DE RESTAURACIÓN DEL MIGUELETE, FINALIZADO POR MIGUEL ÁNGEL LÓPEZ MIGUEL _1981	
REDACCIÓN DEL PLAN DIRECTOR DE LA CATEDRAL _2000	
SALVADOR VILA REALIZA DISTINTAS OBRAS EN LA CATEDRAL _2005-2014	



Imágenes 1.7 (izquierda) y 1.8 (derecha)

Planta del templo con la ubicación del campanario y vista del mismo desde la cubierta de la cabecera, realizada por la autora en 2011.

Descripción de la Catedral

Su construcción se inicia con la colocación de la primera piedra en 1262 sobre la mezquita mayor musulmana. El templo ha sufrido muchas intervenciones a lo largo del tiempo. En la actualidad, la iglesia tiene tres naves con capillas entre contrafuertes, además dispone de crucero. El conjunto se remata con cabecera poligonal con capillas absidiales. El cimborrio, de planta octogonal, se levanta en la intersección del crucero y la nave central. El templo tiene adosadas la torre campanario y la capilla del Santo Cáliz, aunque en su origen ambas piezas eran exentas. El maestro Baldomar comenzó en 1458 las obras de ampliación de la Catedral con la construcción de la crujía de los pies, fue entonces cuando quedaron conectadas. Los muros de carga son de sillería y de fábrica de ladrillo, las columnas de sillería. Predominan las bóvedas de crucería con nervios de piedra y plementería de ladrillo. Tiene tres portadas: una a los pies y dos a los lados del crucero. En la escalinata de la puerta románica, situada en el crucero en el lado de la epístola, se sigue celebrando los jueves el Tribunal de las Aguas.

Descripción de la torre campanario

Su construcción la comenzó el maestro Andreu Juliá en 1381. La torre es de planta octogonal, con contrafuertes en los vértices. Su perímetro en planta es de 51 metros, exactamente igual a su altura. Está formada por cuatro cuerpos de la misma altura. En el último se abren los siete arcos apuntados que alojan las campanas (en el octavo lado está la escalera). Se accede a través de una escalera de caracol situada en uno de los lados. La escalera da acceso a tres cámaras abovedadas en los tres pisos superiores (la antigua prisión, la casa del campanero y la sala de campanas) ya que el piso inferior es macizo.

ES_ EL SALVADOR_

Autor_

Iglesia: desconocido
Campanario: desconocido

Protección_

Bien de Interés Cultural

Historia_

EXISTEN REFERENCIAS A LA IGLESIA DE EL SALVADOR _1245

1238_ CONQUISTA DE JAIME I

1348-1350_ GRAN PESTE Y EPIDEMIAS

1356-1370_ ENSANCHE DE VALENCIA Y MURALLA CRISTIANA

SE AMPLIA LA IGLESIA MEDIEVAL _1377

SE LEVANTA EL CAMPANARIO _SIGLO XIV (SIN FECHA)

1396_ TERREMOTO

AMPLIACIÓN DE LA IGLESIA POR LA CABECERA, CONSTRUCCIÓN _1538-1549 DEL CORO, ALTAR MAYOR, SACRISTÍA Y ARCHIVO

1563_ WIJNGAERDE

RENOVACIÓN BARROCA DEL INTERIOR DEL TEMPLO _1663-1669

1608_ PLANO DE MANCELLI

1633_ SE PUBLICA "ARTE Y USO DE ARQUITECTURA"

1631_ SE PUBLICAN "LAS ADVERTENCIAS"

1704_ PLANO DEL PADRE TOSCA

SE COLOCA EL PÚLPITO EN LA SITUACIÓN ACTUAL _1804

1748_ TERREMOTO

1755_ III ANIVERSARIO CANONIZACIÓN S. VICENTE

1768_ SE CREA LA REAL ACADEMIA DE BELLAS ARTES DE SAN CARLOS

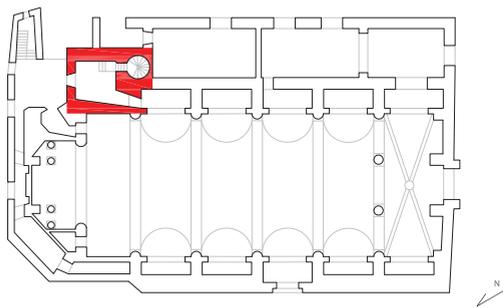
CONSTRUCCIÓN DEL PRESBITERIO Y ALTAR MAYOR _1825

MANUEL FORNÉS Y GURREA REALIZA LA DECORACIÓN _1826-1829 INTERIOR EN ESTILO NEOCLASICO

1936_ GUERRA CIVIL ESPAÑOLA

JUAN GOMIS REHABILITA LA TORRE CAMPANARIO _1999

EL TEMPLO TIENE LA CONDICIÓN DE BIEN DE INTERÉS CULTURAL _2007



Imágenes 1.9 (izquierda) y 1.10 (derecha)

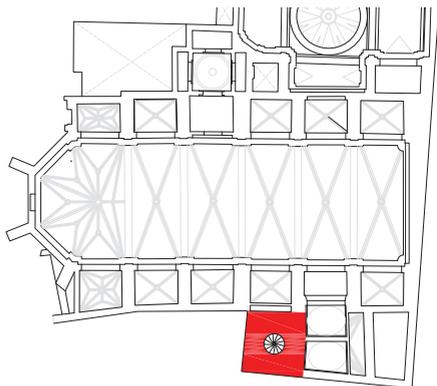
Planta del templo y vista de la cabecera y del campanario desde la Calle del Salvador, realizada por la autora en 2013.

Descripción de la Iglesia

La iglesia medieval primitiva está construida sobre una mezquita. La iglesia se amplió hacia 1377, conservando el campanario. Se colocó la primera piedra de una nueva fábrica el 18 de noviembre de 1538 y en 1549 se terminó con la ampliación del edificio por su cabecera y la construcción de nueva planta del coro, el altar mayor, la sacristía y el archivo. Se renovó el interior de la iglesia entre 1663 y 1666 con decoración barroca. La decoración actual es de estilo neoclásico de la intervención de 1826 por Manuel Fornés y Gurrea. Es una iglesia de planta rectangular de una sola nave con pequeñas capillas entre contrafuertes. Está dividida en seis tramos y tiene cabecera poligonal. La nave está cubierta con bóveda de cañón con lunetos de perfil curvo. La capilla de la Comunión se realizó en el siglo XVII.

Descripción de la torre campanario

El campanario, levantado en el siglo XIV, está situado a la derecha de la cabecera, de planta cuadrangular y 25 metros de altura. Se asciende por una escalera de caracol situada en un lateral que da paso a tres estancias. Exceptuando los vanos geminados con arcos de medio punto y que alojan las campanas, no hay nada que la diferencie de las torres defensivas, función que seguramente también cumplió. Es de un gótico tan sencillo que muchas veces se le ha calificado erróneamente como románico. La torre fue restaurada en 1999 por Juan Gomis, completando el volumen superior que le faltaba. La torre campanario es de sillería con remate moderno de albañilería. En su interior quedan los arranques de las nervaduras de una bóveda de crucería ya desaparecida.



Imágenes 1.11 (izquierda) y 1.12 (derecha)

Planta del templo y vista del campanario desde la Calle de Salvá, realizada por la autora en 2013.

Descripción de la Iglesia

La iglesia se fundó tras la Conquista sobre el solar de una antigua mezquita. El actual templo se contruyó entre 1601 y 1615, el Patriarca Ribera colocó la primera piedra en 1602. Se inició por la cabecera, cambiando de orientación el primitivo templo, del cual sólo permanecen los tres primeros cuerpos del campanario. En 1611 se construyeron las dos primeras arcadas y la obra continuó hacia los pies. Entre 1684-86 se recreó el cuerpo de campanas y Pérez Castiel terminó la portada principal. A partir de 1750 se renovó el interior. Entre 1737 y 1741 el gremio de pescadores levantó la capilla de la Comunión. La actual iglesia tiene una sola nave de cinco tramos, capillas entre contrafuertes y cabecera poligonal. Las cubiertas son de bóveda de crucería con plementería de ladrillo en la nave y bóveda estrellada en la cabecera. La fachada es de ladrillo con zócalo de sillería. Tanto los contrafuertes como el muro de cierre de las capillas son de fábrica de ladrillo. La iglesia está recorrida por un zócalo de azulejería policromada. La apertura de la calle Poeta Querol le hizo perder todo el carácter escenográfico de su configuración exterior. Fue restaurada por Rafa Soler y Juan Gomis, y en 2009 por Eladia Ballester y Carles Boigues.

Descripción de la torre campanario

La torre campanario, de planta cuadrangular y 50 metros de altura total, aprovecha íntegramente la torre medieval como basamento cegando los huecos del cuerpo de campanas, incorporando un tramo de escalera en su interior y asentando el nuevo campanario sobre sus muros de sillería. El cuerpo de campanas, construido a finales del siglo XVII, está realizado en ladrillo. Tiene pilastras dobles de orden toscano flanqueando los vanos de medio punto sobre los que se desarrolla una cornisa en saliente formando una terraza. La torre está rematada con un templete con cupulín.

SB_ SAN BARTOLOMÉ_

Autor_

Iglesia: desconocido
Campanario: desconocido

Protección_

Bien de Relevancia Local

Historia_

1238_ CONQUISTA DE JAIME I

1348-1350_ GRAN PESTE Y EPIDEMIAS

1356-1370_ ENSANCHE DE VALENCIA Y MURALLA CRISTIANA

1396_ TERREMOTO

1563_ WIJNGAERDE

1608_ PLANO DE MANCELLI

1633_ SE PUBLICA "ARTE Y USO DE ARQUITECTURA"

1631_ SE PUBLICAN "LAS ADVERTENCIAS"

RECONSTRUCCIÓN DEL TEMPLO SOBRE EL PREVIO MEDIEVAL_1666-1683
INCLINACIÓN DE LA TORRE, PÉREZ CASTIEL INTERVIENE EN ELLA

TERMINAN LAS OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL TEMPLO_1697

1704_ PLANO DEL PADRE TOSCA

1748_ TERREMOTO

1755_ III ANIVERSARIO CANONIZACIÓN S. VICENTE

1768_ SE CREA LA REAL ACADEMIA DE BELLAS ARTES DE SAN CARLOS

INCENDIO Y SAQUEO EN EL TEMPLO_1936 1936_ GUERRA CIVIL ESPAÑOLA

LA ARCHIDIÓCESIS SOLICITA AL AYUNTAMIENTO EL DERRIBO DEL TEMPLO_1947

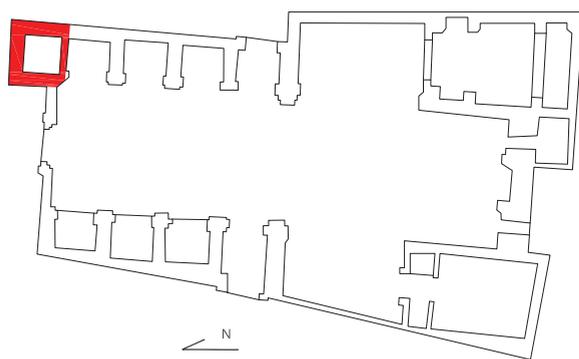
DESIGNACIÓN DE TÉCNICO DIRECTOR DEL DERRIBO Y PAGO TASAS_1948

DERRIBO DEL TEMPLO A EXCEPCIÓN DEL CAMPANARIO_1949

EL CAMPANARIO SE INCOA BIEN DE INTERÉS CULTURAL_1984

INTERVENCIÓN DE EMERGENCIA SOBRE LA TORRE CAMPANARIO_1989

EL AYUNTAMIENTO NO ACEPTA LA CESIÓN DE LA TORRE_1995



Imágenes 1.13 (izquierda) y 1.14 (derecha)

Planta del templo ya desaparecido y vista del campanario que aún se conserva desde la Calle Serranos, realizadas por la autora en 2013.

Descripción de la Iglesia

La torre es el único recuerdo que queda de la desaparecida Iglesia de San Bartolomé levantada en 1239. El templo gótico se reconstruyó entre los años 1666 y 1683, aprovechándose algunos muros originales. Esto provocó la desviación de la torre campanario que cargaba por uno de sus lados sobre la pared antigua de la iglesia. Intervino Pérez Castiel para enderezar la torre. En 1697 terminaron las obras de reconstrucción, según fecha que figura en una de sus portadas ubicada actualmente en el Jardín de Viveros. La iglesia tenía una única nave de forma trapezoidal con capillas entre contrafuertes y cúpula con linterna sobre los arcos torales del crucero. En 1949 se demolió el templo tras el incendio sufrido en la guerra. Se inició la destrucción del campanario por el cupulino pero gracias a la intervención de la Real Academia de San Carlos ésta logró salvarse.

Descripción de la torre campanario

Actualmente la torre se encuentra adosada a un edificio realizado a mediados del siglo XX. A la torre se accede desde los bajos del inmueble sito en la plaza Manises 3. La torre es de planta cuadrada y tiene 35 metros de altura. Su caña presenta los dos tercios inferiores de sillería hasta la altura de una cornisa. El tercio restante aparece revestido con recuadros de cemento, decoración que parece corresponder a principios del siglo XX. A continuación, una cornisa con pares de ménsulas da paso al cuerpo de campanas que tiene una ventana por cada lado flanqueada por pares de pilastras dóricas y se remata con balaustrada y pináculos. El cuerpo de campanas está recrecido con ladrillo rojo y decorado con ladrillo aplantillado. Finalmente el cupulino hoy desaparecido, seguramente de principios del siglo XVIII, estaba compuesto por dos cuerpos de sección cuadrada, con pilastras toscanas y contrafuertes diagonales en el inferior. En 1989 se realiza una intervención de emergencia debida a desprendimientos en el cuerpo de campanas. Actualmente el propietario de la torre parece ser la Comunidad de Propietarios del edificio colindante, pese a su intento de cesión al Ayuntamiento.

SE_ SAN ESTEBAN_

Autor_

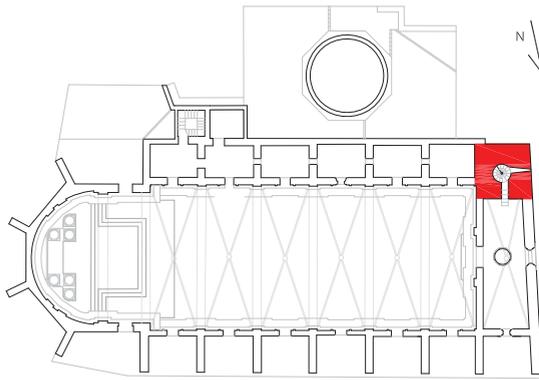
Iglesia: Joan Corbera, Fernando de León, Juan de Ortuno, Francesc Antón. Campanario: desconocido

Protección_

Bien de Interés Cultural

Historia_

	1238_ CONQUISTA DE JAIME I
EXISTEN REFERENCIAS A LA IGLESIA DE SAN ESTEBAN_1245	1348-1350_ GRAN PESTE Y EPIDEMIAS
	1356-1370_ ENSANCHE DE VALENCIA Y MURALLA CRISTIANA
	1396_ TERREMOTO
SE RENUOVA LA CABECERA DEL TEMPLO_1472	
JOAN CORBERA COLOCA LA CUBIERTA DEL PRESBITERIO_1504	
DERRIBO Y RECONSTRUCCIÓN DE LA IGLESIA_1514-1515	
	1563_ WIJNGARDE
PROBLEMAS ESTRUCTURALES: REPARAR BÓVEDAS, REFORZAR CONTRAFUERTES, COLOCAR CUBIERTA EN LA IGLESIA_1604-1618	1608_ PLANO DE MANCELI
	1633_ SE PUBLICA "ARTE Y USO DE ARQUITECTURA"
	1631_ SE PUBLICAN "LAS ADVERTENCIAS"
PÉREZ CASTIEL REALIZA RENOVACIONES INTERIORES BARROCAS_1679-1682	
CONSTRUCCIÓN DE LA CAPILLA DE LA COMUNIÓN_1696	1704_ PLANO DEL PADRE TOSCA
	1748_ TERREMOTO
SE RECRECE EL CUERPO DE CAMPANAS CON LADRILLO_1753-1755	1755_ III ANIVERSARIO CANONIZACIÓN S. VICENTE
SE AÑADEN DOS CAMPANAS AL CAMPANARIO_1761	
REALIZACIÓN DE UNA NUEVA VELETA PARA LA TORRE_1770	1768_ SE CREA LA REAL ACADEMIA DE BELLAS ARTES DE SAN CARLOS
RENOVACIÓN DE LA CABECERA_ PRINCIPIO SIGLO XIX	
PROYECTO DE RESTAURACIÓN DE LA FACHADA DEL TEMPLO_1913	
	1936_ GUERRA CIVIL ESPAÑOLA
OBRAS EN EL INTERIOR Y EN LA CUBIERTA DE LA IGLESIA_1954	
EL TEMPLO ADQUIERE CATEGORÍA DE BIEN INTERÉS CULTURAL_1956	
LA LUZ DE LAS IMÁGENES RESTAURA EL TEMPLO_2009-2010	



Imágenes 1.15 (izquierda) y 1.16 (derecha)

Planta del templo y vista del campanario desde la plaza de San Esteban, realizada por la autora en 2011.

Descripción de la Iglesia

El templo ocupa el solar de una antigua mezquita. En 1276 ya debía haberse construido una primera iglesia cuya cabecera se renovó en 1472. En 1608 se reformó la iglesia para resolver problemas estructurales, según Pingarrón, empezando por la capilla mayor y el tramo de nave que la precedía. Entre 1679 y 1682 Pérez Castiel renovó su interior en estilo barroco. En 1696 se construyó la capilla de la Comunión, atribuida a Francisco Padilla. El actual templo es de una sola nave de seis tramos, capillas entre contrafuertes, sin crucero, con cabecera poligonal y nave central cubierta de bóvedas de crucería con clave central realizadas con piedra y plementería de ladrillo. La fachada lateral y los contrafuertes conservan la fábrica de sillería. Destaca su decoración interior con esgrafiados. La iglesia fue restaurada en 2009 por Inés Esteve.

Descripción de la torre campanario

El campanario, posiblemente del siglo XIV, es de planta cuadrangular irregular y tiene una altura total de 42 metros. Parece ser el único elemento que aprovechaba la estructura original de la Iglesia. Del antiguo campanario queda la escalera de caracol y parte de los muros. El campanario, con base de sillería sufrió un recrecio de ladrillo en 1754 con motivo de la canonización de San Vicente Ferrer. Es un cuerpo doble, con contrafuertes horadados por arcos y remate de pináculos, rematado con un cupulín. La torre se macla parcialmente sobre el último tramo de la nave central. En su interior se sitúa una escalera de caracol de 0'80 metros de radio realizada en cantería hasta alcanzar el primer cuerpo de fábrica de ladrillo, a partir de ahí es de bóveda de tabiquería.

SJ_ SANTOS JUANES_

Autor_

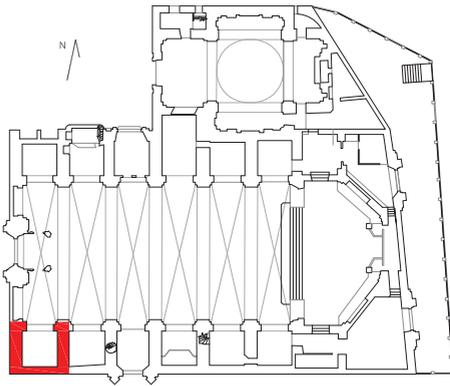
Iglesia: desconocido. Campanario: Gavara apunta a Fray Gaspar de San Martín como tracista

Protección_

Bien de Interés Cultural

Historia_

	1238_ CONQUISTA DE JAIME I
EXISTEN REFERENCIAS A LA IGLESIA DE LOS SANTOS JUANES _1245	
INCENDIO EN EL TEMPLO _1311	
EDIFICACIÓN DEL TEMPLO EN SU NUEVA UBICACIÓN _1313-1358	1348-1350_ GRAN PESTE Y EPIDEMIAS
	1356-1370_ ENSANCHE DE VALENCIA Y MURALLA CRISTIANA
INCENDIO EN EL ALTAR _1362	
	1396_ TERREMOTO
	1563_ WIJNGAERDE
INCENDIO. SE REEDIFICA LA CABECERA Y AMPLIA EL TEMPLO _1592	
SE HACE EL ÁBSIDE OCHAVADO CON SACRISTÍAS LATERALES _1603-1608	1608_ PLANO DE MANCELI
SE LEVANTA EL CAMPANARIO _1621-1627	1633_ SE PUBLICA "ARTE Y USO DE ARQUITECTURA"
	1631_ SE PUBLICAN "LAS ADVERTENCIAS"
SE CONSTRUYE LA CAPILLA DE LA COMUNIÓN _1643-1653	
SE FABRICAN CUATRO CAMPANAS PARA LA IGLESIA _1680	
SE RENUEVA EL INTERIOR DEL TEMPLO EN ESTILO BARROCO _1696-1702	1704_ PLANO DEL PADRE TOSCA
	1748_ TERREMOTO
	1755_ III ANIVERSARIO CANONIZACIÓN S. VICENTE
	1768_ SE CREA LA REAL ACADEMIA DE BELLAS ARTES DE SAN CARLOS
SE DESMONTA EL REMATE SUPERIOR DEL CAMPANARIO _FINALES SIGLO XIX	
	1936_ GUERRA CIVIL ESPAÑOLA
EL TEMPLO ADQUIERE CATEGORÍA DE BIEN INTERÉS CULTURAL _1947	



Imágenes 1.17 (izquierda) y 1.18 (derecha)

Planta del templo y vista del campanario desde la plaza de la Ciudad de Brujas, realizadas por la autora en 2012.

Descripción de la Iglesia

La Iglesia también se conoce con el nombre de San Juan del Mercado o San Juan de la Boatella. Teixidor data su fundación anterior al año 1240. En 1311 fue reconstruida en estilo gótico tras un incendio. En 1592 sufrió otro incendio, se reedificó la cabecera y se amplió el templo por el testero entre 1603 y 1608. La capilla de la Comunión está al lado del evangelio y se realizó entre 1643 y 1653. Pérez Castiel fue nombrado experto para llevar a cabo las obras de renovación de la iglesia entre 1693 y 1702, convirtiendo el interior en estilo barroco. Las bóvedas góticas se ocultaron con una bóveda de cañón con lunetos, las capillas laterales se cubrieron con bóvedas vaídas y aún se advierten las ventanas góticas que fueron cegadas. Es una iglesia longitudinal de una sola nave con seis tramos, con capillas entre contrafuertes y cabecera poligonal. La fachada de los pies tiene un gran rosetón de 9'5 metros de diámetro, actualmente cegado. Los muros de fachadas, así como los contrafuertes son de sillería. Destaca la decoración interior barroca con frescos de Palomino.

Descripción de la torre campanario

El nuevo campanario, de planta cuadrada y 44 metros de altura, se levanta sobre los dos contrafuertes de la capilla bautismal. Debió construirse hacia 1621-1627. La caña tiene tres cuerpos, el inferior tiene una ventana circular propia de su origen gótico y una ventana con un pequeño arco conopial, el segundo cuerpo es macizo y también tiene una ventana con arco conopial. El tercer cuerpo es la sala de campanas, tiene estructura barroca con un hueco con arco de medio punto por cada lado. Está rematado con una balaustrada de piedra y coronado por una linterna octogonal de dos cuerpos y un cupulín cubierto con teja vidriada azul. La torre campanario es de sillería.

SL_ SAN LORENZO_

Autor_

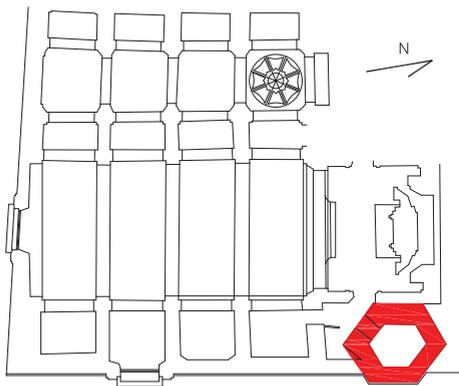
Iglesia: desconocido
Campanario: José Mínguez

Protección_

Bien de Relevancia Local

Historia_

	1238_ CONQUISTA DE JAIME I
EXISTEN REFERENCIAS A LA IGLESIA DE SAN LORENZO _1245	1348-1350_ GRAN PESTE Y EPIDEMIAS
	1356-1370_ ENSANCHE DE VALENCIA Y MURALLA CRISTIANA
	1396_ TERREMOTO
	1563_ WIJNGAERDE
	1608_ PLANO DE MANCERI
	1633_ SE PUBLICA "ARTE Y USO DE ARQUITECTURA"
	1631_ SE PUBLICAN "LAS ADVERTENCIAS"
CIMENTACIÓN DE LA IGLESIA ACTUAL_1666	
SE RENUEVA EL TEMPLO _1682-1684	
	1704_ PLANO DEL PADRE TOSCA
CONSTRUCCIÓN DEL CAMPANARIO _1743-1746	
	1748_ TERREMOTO
	1755_ III ANIVERSARIO CANONIZACIÓN S. VICENTE
	1768_ SE CREA LA REAL ACADEMIA DE BELLAS ARTES DE SAN CARLOS
SE AGRIETA LA BÓVEDA DE LA IGLESIA Y SE DESPLOMA LA TORRE _1822	1822_ TERREMOTO
	1936_ GUERRA CIVIL ESPAÑOLA
ESTUDIOS PREVIOS DE RESTAURACIÓN DE LA IGLESIA _1955	



Imágenes 1.19 (izquierda) y 1.20 (derecha)

Planta del templo y vista del campanario desde la Calle de la Unión, realizadas por la autora en 2012.

Descripción de la Iglesia

La iglesia actual es la que comenzaron a construir los maestros de obras Pedro Leonardo y Pedro Do en 1659, aunque no se iniciaron sus cimientos hasta 1666. Este templo fue renovado entre 1682 y 1684. Un terremoto en 1822 agrietó la bóveda de la iglesia y movió la torre provocándole un desplome²³. La iglesia es de planta de cruz latina inscrita en un rectángulo. Tiene una nave con capillas, hornacinas, crucero, testero plano, coro alto a los pies y cubiertas con bóveda de cañón rebajado con lunetos y cúpula sobre pechinas en el crucero. Intervino en las cubiertas Rosario Canet Guardiola, con el proyecto realizado en octubre de 2008.

Descripción de la torre campanario

La construcción de la torre se finalizó en 1746. El campanario actual de planta hexagonal tiene unos 3'40 m de lado en la base, 3'25 m en la caña y unos 46'80 m de altura hasta la punta de la veleta. Los muros son de 125 cm de espesor medio. Está ubicado en el lado simétrico a la Sacristía y fue construido siguiendo fielmente las estipulaciones constructivas del primer contrato de febrero de 1743, salvo que los muros del basamento son enteramente de ladrillo. El interior de la torre no es regular. Contiene una escalera de 6 tramos rectos de 90 cm de ancho medio, ojo central y rellanos planos en cada esquina. Está construida con bóvedas tabicadas de ladrillo a montacaballo y está iluminada por estrechas ventanas con derrame interior, cerradas por arco triangular de intradós escalonado. El basamento tiene un zócalo inferior de sillería y tres cuerpos y recrecido superior de fábrica de ladrillo macizo recibido con argamasa de cal.

²³ _ Juan, 1999, 215 y 359.

SM_ SAN MARTÍN_

Autor_

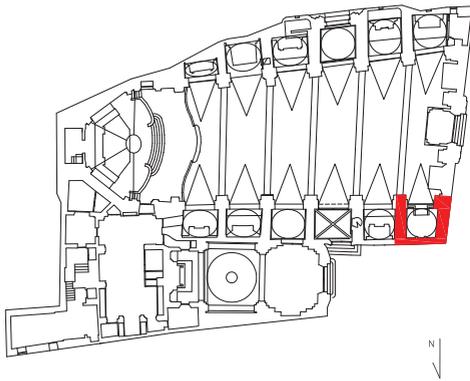
Iglesia: Fray Gaspar de San Martín (según Gavara)
Campanario: desconocido

Protección_

Bien de Interés Cultural

Historia_

EN EL "REPARTIMENT" YA SE MENCIONA EL TEMPLO _1239	1238_ CONQUISTA DE JAIME I
EXISTEN REFERENCIAS A LA IGLESIA DE SAN MARTÍN _1245	
SE REALIZAN OBRAS EN LA IGLESIA SOBRE LA PRIMITIVA MEZQUITA _1276	
	1348-1350_ GRAN PESTE Y EPIDEMIAS
	1356-1370_ ENSANCHE DE VALENCIA Y MURALLA CRISTIANA
	1396_ TERREMOTO
SE REALIZAN OBRAS EN EL TEMPLO _1372-1401	
SE COMPRAN CASAS COLINDANTES PARA AMPLIAR EL TEMPLO _1527	
RENOVACIÓN DE LA CABECERA EN ESTILO RENACENTISTA _1547-1570	1563_ WJUNGAERDE
SE CONSTRUYE LA SACRISTÍA _1571-1573	
	1608_ PLANO DE MANCELLI
CUBIERTA CON FALSA BÓVEDA, TEJADO A DOS AGUAS, NUEVO CAMPANARIO _1618-1620	
RENOVACIÓN INTERIOR DEL TEMPLO _1621	
TERMINA LA CONSTRUCCIÓN DEL NUEVO CAMPANARIO _1627	1633_ SE PUBLICA "ARTE Y USO DE ARQUITECTURA"
	1631_ SE PUBLICAN "LAS ADVERTENCIAS"
SE CONSTRUYE LA CAPILLA DE LA COMUNIÓN _1669-1674	
LIMPIEZA DE LA ESTATUA DE LA PORTADA _1706	1704_ PLANO DEL PADRE TOSCA
SE CONSTRUYE EL SAGRARIO Y ADORNA EL PRESBITERIO _1710	
DECORACIÓN DE LA CAPILLA MAYOR _1715	
SE CONSTRUYE LA NUEVA SACRISTÍA _1723-1724	
RENOVACIÓN DEL TEMPLO _1739-1750	1748_ TERREMOTO
	1755_ III ANIVERSARIO CANONIZACIÓN S. VICENTE
	1768_ SE CREA LA REAL ACADEMIA DE BELLAS ARTES DE SAN CARLOS
LIMPIEZA DE LA ESCULTURA ECUESTRE _1867	
DEMOLICIÓN DEL ULTIMO CUERPO DEL CAMPANARIO, AFECTADO POR UN RAYO _1875	
LIMPIEZA DE LA ESCULTURA ECUESTRE _1899	
SE REDORA Y REESTUCA EL INTERIOR DE LA IGLESIA _1925-1929	
NUMEROSOS DAÑOS EN LA IGLESIA _1936	1936_ GUERRA CIVIL ESPAÑOLA
MIGUEL COLOMINA TERMINA EL ALTAR MAYOR _1961	
SE RESTAURA LA CAPILLA DE LA COMUNIÓN _1980	
EL TEMPLO ADQUIERE CATEGORÍA DE BIEN INTERÉS CULTURAL _1983	
LA LUZ DE LAS IMÁGENES RESTAURA LA IGLESIA _2006-2010	



Imágenes 1.21 (izquierda) y 1.22 (derecha)

Planta del templo y vista del campanario desde la Calle San Vicente, realizadas por la autora en 2012.

Descripción de la Iglesia

La construcción de la iglesia actual datan de 1372 a 1401. Se renovó su cabecera entre 1547 y 1570 en estilo renacentista. Entre 1669 y 1674 se construyó la Capilla de la Comunión, trazada por Gaspar Matutano y edificada por José Escrivá. Entre 1735 y 1753 se renovó el interior del templo. La iglesia es de planta de nave única con capillas entre contrafuertes y cabecera poligonal. Consta de seis tramos más el ábside. La anchura de la planta disminuye hacia la cabecera. Se cubre con bóveda de crucería simple. Tiene la particularidad de ser una planta irregular, con forma trapezoidal debido a su adaptación al trazado de las calles. La iglesia se ha realizado utilizando sillería lisa. Tras la guerra civil se aprovecharon algunas piezas procedentes de Santa Catalina (retablo de la capilla del gremio de Plateros, el púlpito, azulejería, losas y gradas). En 1961 se terminaron las obras de construcción del altar mayor, proyectado por Miguel Colomina. Entre 2006 y 2010 la iglesia ha sido restaurada por Carlos Campos.

Descripción de la torre campanario

Entre 1621 y 1627 los canteros Bartolomé Abril y Tomás Leonart Esteve contrataron la construcción del nuevo campanario. El campanario primitivo que ocupaba la esquina recayente a la calle de la Abadía de San Martín se trasladó al emplazamiento que ocupa en la actualidad, adoptándose un curioso giro respecto del plano de la fachada. El campanario es de planta rectangular, de 4'90 x 5'65 metros y una altura de 38'40 metros, con base prismática de ventanas ligeramente conopiales. Su cuerpo de campanas se ordena en base a un arco por cada lado flanqueado por pares de pilastras decoradas por círculos y rectángulos y friso con mensulones foliados. El campanario se trazó y construyó originalmente con terraza plana sin cuerpo superior de remate.

SN_ SAN NICOLÁS_

Autor_

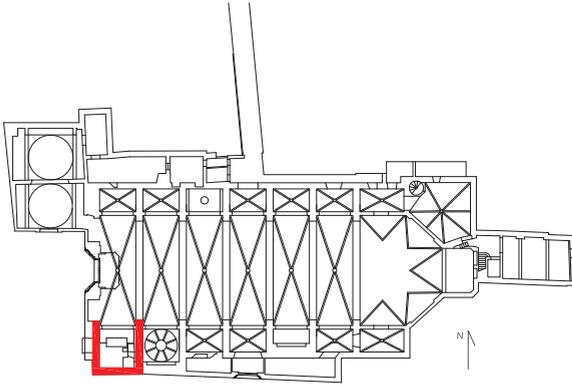
Iglesia: Juan Pérez Castiel
Campanario: desconocido

Protección_

Bien de Interés Cultural

Historia_

	1238_ CONQUISTA DE JAIME I
EXISTEN REFERENCIAS A LA IGLESIA DE SAN NICOLÁS_1245	
	1348-1350_ GRAN PESTE Y EPIDEMIAS
	1356-1370_ ENSANCHE DE VALENCIA Y MURALLA CRISTIANA
SE REEDIFICA LA ANTIGUA IGLESIA_1419	1396_ TERREMOTO
SE AMPLÍA LA IGLESIA HACIA SUS PIES_1455	
	1563_ WIJINGAERDE
	1608_ PLANO DE MANCELI
	1633_ SE PUBLICA "ARTE Y USO DE ARQUITECTURA"
	1631_ SE PUBLICAN "LAS ADVERTENCIAS"
INICIO DE LAS OBRAS DEL CAMPANARIO_1658	
PÉREZ CASTIEL REALIZA EL PROYECTO DE RESTAURACIÓN DEL TEMPLO_1693	
RENOVACIÓN TOTAL DE LA IGLESIA Y REALIZACIÓN DE FRESCOS DE PALOMINO_1700	1704_ PLANO DEL PADRE TOSCA
	1748_ TERREMOTO
SE TERMINA EL CUPULINO DEL CAMPANARIO_1755	1755_ III ANIVERSARIO CANONIZACIÓN S. VICENTE
	1768_ SE CREA LA REAL ACADEMIA DE BELLAS ARTES DE SAN CARLOS
LA IGLESIA SUFRE AÑADIDOS NEOGÓTICOS POR TIMOTEO CALVO_1861	
SE RESTAURA EL ALTAR MAYOR_1867	
	1936_ GUERRA CIVIL ESPAÑOLA
EL TEMPLO ADQUIERE CATEGORÍA DE BIEN INTERÉS CULTURAL_1981	
RESTAURACIÓN DEL CAMPANARIO Y DE LA CUBIERTA DE LA IGLESIA_2002-2007	
RESTAURACIÓN DE LAS FACHADAS DEL TEMPLO_2011-2012	



Imágenes 1.23 (izquierda) y 1.24 (derecha)

Planta del templo y vista del campanario desde la Calle de la Abadía de San Nicolás, realizadas por la autora en 2013.

Descripción de la Iglesia

La parroquia se levantó a los pocos años de ser conquistada la ciudad por Jaime I. La iglesia primitiva se reconstruyó en 1419, y a partir de 1455 se prolongó la nave hacia los pies. El Barón de Alchalí identifica a Juan Pérez como el autor y director del proyecto de restauración de la iglesia en 1693, convive el templo gótico con la decoración barroca. La iglesia sufrió añadidos neogóticos en 1861 realizados por Timoteo Calvo. La iglesia es uninave (como San Martín y los Santos Juanes) con capillas entre los contrafuertes, seis a cada lado, presbiterio poligonal de cinco lados y cubierta de bóveda de crucería simple. La iglesia está siendo rehabilitada por Carlos Campos en proyectos realizados desde 1997.

Descripción de la torre campanario

El nuevo campanario se terminó en 1755, con la construcción del cupulino. La torre campanario situada a los pies de la iglesia es de sección cuadrada y tiene una altura de 49 metros. La torre utiliza parte de la torre medieval anterior construida de sillería como el bastamento de la nueva. Consta de tres cuerpos: el primero es de sillería hasta la altura de una cornisa (alcanza la altura del tejado de la iglesia y se corresponde con la antigua estructura gótica), a partir de la cual la caña se levanta de ladrillo hasta el cuerpo de campanas. Este se organiza con un arco por lado, flanqueado por pares y pilastras toscanas, rematándose con balaustrada, reinterpretando el estilo de los Santos Juanes pero en fábrica de ladrillo aplantillado. Sigue un cupulino de dos cuerpos, el inferior cuadrado con contrafuertes diagonales y el superior octogonal. El campanario fue rehabilitado por Carlos Campos en 2002.

SC_ SANTA CATALINA_

Autor_

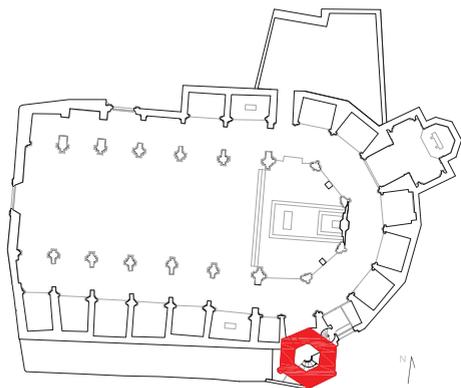
Iglesia: desconocido
Campanario: Juan Bautista Viñes

Protección_

Bien de Interés Cultural

Historia_

	1238_ CONQUISTA DE JAIME I
EL GREMIO DE TAPINEROS ACUERDA AMPLIAR EL TEMPLO _1245	1348-1350_ GRAN PESTE Y EPIDEMIAS
SE TERMINA EL CUERPO PRINCIPAL DE LA IGLESIA _1367-1371	1356-1370_ ENSANCHE DE VALENCIA Y CONSTRUCCIÓN DE LA MURALLA CRISTIANA
EXISTE CONSTANCIA DE TRABAJOS DE PERE BALAGUER EN EL TEMPLO _1406-1411	1396_ TERREMOTO
LA CABECERA SE RENUEDA EN ESTILO GÓTICO CON GIROLA _1472	
EL TRIBUNAL DEL ALMOTACÉN ESTÁ SITUADO A LOS PIES (LADO IZQDO.) _1520	
JONNES DE POYO RECALZA UN PILAR QUE AMENAZABA RUINA _1529	
CONSAGRACIÓN DE LA IGLESIA. REMODELACIÓN AL ESTILO CLASICISTA _1536	
INCENDIO. DESAPARECE EL ARCHIVO. RECONSTRUCCIÓN DEL TEMPLO _1584	1563_ WIJNGAERDE
	1608_ PLANO DE MANCELI
	1633_ SE PUBLICA 'ARTE Y USO DE ARQUITECTURA'
	1631_ SE PUBLICAN "LAS ADVERTENCIAS"
EL 5 DE OCTUBRE SE COLOCA LA PRIMERA PIEDRA DEL CAMPANARIO _1688	
TERMINA LA CONSTRUCCIÓN DEL NUEVO CAMPANARIO _1705	1704_ PLANO DEL PADRE TOSCA
SE FUNDEN LAS CAMPANAS EN LONDRES POR RICHARD PHELPS _1729	
SE DERRIBA EL ANTIGUO CAMPANARIO SITUADO A LOS PIES DE LA IGLESIA Y FELIPE RUBIO MULET INICIA LA RENOVACIÓN: REDECORACIÓN BARROCA, CAMBIO DE CUBIERTA, REFORMA PORTADA PRINCIPAL... _1742	1748_ TERREMOTO
TERMINA LA RENOVACIÓN DE LA IGLESIA _1785	1755_ III ANIVERSARIO CANONIZACIÓN S. VICENTE
	1768_ SE CREA LA REAL ACADEMIA DE BELLAS ARTES DE SAN CARLOS
SE RENUEDA EL REMATE DEL CAMPANARIO, QUIZAS RECUBRIMIENTO DE TEJA _1867	
APERTURA DE LA CALLE DE LA PAZ _1868-1903	
SANTA CATALINA PIERDE SU CONDICIÓN DE PARROQUIA _1902	
JOSÉ GÓMEZ MONTA EL RELOJ DE LA TORRE _1914	
PLANO DE PROLONGACIÓN DE LA CALLE DE LA PAZ, CON PROPUESTA DE DEMOLICIÓN DE LA IGLESIA Y MANTENIMIENTO DEL CAMPANARIO _1929	
INCENDIO Y SAQUEO _1936	1936_ GUERRA CIVIL ESPAÑOLA
LUIS GAY RAMOS REPRISTINA LA IGLESIA _1950-1966	
EL 27 DE MARZO SE DECLARA MONUMENTO HISTÓRICO ARTÍSTICO NACIONAL _1981	
JOSÉ IGNACIO CASAR RESTAURA EL CAMPANARIO Y LAS FACHADAS _2002-2004	



Imágenes 1.25 (izquierda) y 1.26 (derecha)

Planta del templo y vista del campanario desde la Calle de la Paz, realizada por la autora en 2014.

Descripción de la Iglesia

El templo inicial se levantaba sobre una antigua mezquita. Era uninave, con capillas laterales entre contrafuertes, posible cabecera poligonal y campanario cúbico a los pies. Quizá a principios del siglo XIV se realiza la cabecera con deambulatorio y capillas radiales, concebida para tener tres naves con capillas laterales. Se reforma la fábrica existente abocinando el primer tramo conectado con el deambulatorio y vaciando los contrafuertes para conectar con las naves laterales. Posiblemente ese vaciado provocó problemas estructurales, patentes desde 1529 hasta hoy. Los muros de fachadas, contrafuertes, pilastras y arcos son de sillería. Las bóvedas son de ladrillo. El templo sufrió una importante degradación tras el incendio de 1936, lo que obligó a consolidar la estructura una vez finalizada la guerra. La iglesia fue rehabilitada por Luis Gay Ramos entre los años 1951 y 1966. José Ignacio Casar intervino en las fachadas y la cubierta entre 2001 y 2004.

Descripción del campanario

Inicialmente se contrató a Valero Viñes, pero lo construyó su hermano Juan Bautista. El tracista sería Juan Pérez Castiel, según Bérchez y Sanchis Guarner. El campanario actual es de planta hexagonal y tiene una altura de 55 metros. Es de tradición gótica con contrafuertes en esquina e impostas continuas separando los niveles. La caña está formada por cuatro niveles más el cuerpo de campanas. Está coronada con balaustrada y se remata con una torrecilla hexagonal de dos cuerpos. Las ventanas estrechas de la sala de campanas están flanqueadas por columnas salomónicas, de ahí que sea conocido como "campanar salomonich". El campanario en su totalidad es de sillería. Fue restaurado por José Ignacio Casar y José Manuel Montesinos en 2002.

1.4 RELACIÓN CRONOLÓGICA DE LOS HECHOS MÁS SIGNIFICATIVOS RELACIONADOS CON LAS PARROQUIAS INTRAMUROS DE ORIGEN MEDIEVAL

Una vez estudiadas las diez parroquias por separado, se realiza una secuencia cronológica de los hechos más relevantes ocurridos en la ciudad de Valencia desde su época cristiana. En este listado se analiza también la evolución de las iglesias en paralelo. Según la documentación consultada se han encontrado algunas contradicciones según las distintas fuentes. Estas contradicciones se señalan entre paréntesis.

Cada suceso va marcado con un código compuesto por una primera inicial que clasifica el hecho acontecido según sea:

- H_ Histórico
- F_ Fenómeno Natural
- C_ Constructivo
- E_ Estructural

A continuación se indica el año en el que sucede el hecho. Cada fecha va seguida de unas iniciales que hacen referencia a la Iglesia con la que está relacionada de acuerdo con la siguiente clasificación: **C** (la Catedral), **ES** (la Iglesia de El Salvador), **SA** (la Iglesia de San Andrés, actualmente conocida como San Juan de la Cruz), **SB** (la Iglesia de San Bartolomé, hoy en día solamente se conserva su torre campanario), **SE** (la Iglesia de San Esteban), **SJ** (la Iglesia de los Santos Juanes), **SL** (la Iglesia de San Lorenzo), **SM** (la Iglesia de San Martín), **SN** (la Iglesia de San Nicolás) y, por último, **SC** (la Iglesia de Santa Catalina).

El listado se acompaña de una línea temporal. Sobre ella se señalan los hechos históricos o fenómenos naturales, y bajo ella la evolución de las diez iglesias.



XIII

H_1238_ Conquista de Valencia por Jaime I

H_1238 C_ Consagración de la Catedral por Fray Andrés de Albalat el 9 de octubre

H_1239 SM_ES_ En la publicación del Repartiment ya se menciona la Iglesia de San Martín. La parroquia del Salvador aparece titulada el 9 de abril en el registro de donaciones de casas en Valencia

H_1245 ES_SE_SJ_SL_SM_SN_SC_ Existen referencias a la Iglesia del Salvador. Los Santos Juanes se cita como parroquia, apareciendo la firma de Juan Ferran, Rector de San Juan de la Boatella, en la concordia sobre enterramientos. Queda constancia también de Guillermo de Pelagals como rector de la parroquia de San Esteban, de Pedro Gimenez como rector de San Lorenzo, de Guillem Ferrer como rector de San Martín, de Raimundo como rector de San Nicolás y del Presbítero Juan Miguel como Rector de Santa Catalina

C_1262 C_ Se considera el principio de las obras de la Catedral con la colocación de la primera piedra

C_1276 SM_ Se realizan obras en la Iglesia de San Martín sobre la primitiva mezquita

XIV

H_1300 SC_ El gremio de Tapineros acuerda ampliar la Iglesia de Santa Catalina por su escasa capacidad

C_1303 C_ Se inicia la puerta gótica de los Apóstoles en la Catedral

H_1311 SJ_ Incendio en la Parroquia de los Santos Juanes. Se reconstruye con estructura abovedada

C_1313-1358 SJ_ Edificación de la Iglesia de los Santos Juanes en su nueva ubicación

F_1348-1350_ Gran Peste seguida de epidemias

C_1356 C_ Se inicia el Aula Capitulare en la Catedral



CH_1356-1370_ Ensanche de la ciudad, despliegue de la arquitectura gótica valenciana y construcción de la nueva muralla cristiana

H_1362 SJ_ Se incendia el altar de la Iglesia de los Santos Juanes

H_1363-1364_ La ciudad de Valencia es atacada por Pedro el Cruel de Castilla

C_1367-1371 SC_ Se termina el cuerpo principal de la Iglesia de Santa Catalina con las capillas funerarias a los pies

C_1368 SJ_ Se impulsa la construcción de la Iglesia de los Santos Juanes

C_1370 C_ Inicio de la construcción del Cimborio, según Ford y Orellana

C_1372-1401 SM_ Se realizan obras en la Iglesia de San Martín

H_1376 C_ El 28 de mayo se presenta el proyecto de nuevo campanario de la Catedral

C_1377 ES_ Se amplia la iglesia medieval de El Salvador

H_1380 C_ Se produce la expropiación y derribo de 11 casas junto a la Catedral

C_1381 C_ Se inicia la construcción del Miguelete, tal y como se conoce el campanario de la Catedral, por el maestro Andreu Juliá, según Orellana (estudios de Sanchis Guarner indican que se inicia en 1402)

C_1388 SM_ Están en construcción las antiguas puertas laterales de la Iglesia de San Martín

F_1396_ Terremoto

CE_1396 C_ Intervenciones en la Catedral, concretamente en las dovelas de los arcos y en las vidrieras del Cimborio. La obra la dirigía José Franch

C_Siglo XIV (sin fecha) ES_ Se levanta el campanario de El Salvador

XV

C_1402 C_ Gran impulso económico a las obras de la torre campanario de la Catedral

C_1406-1411 SC_ Existe constancia de trabajos de Pere Balaguer en la Iglesia de Santa Catalina

CE_1412 C_ La construcción del campanario de la Catedral llega al tercer cuerpo, con



piedra de las canteras de Burjassot y Godella

H_1414_ Pere Balaguer viaja a varias ciudades para estudiar campanarios

CE_1415 C_ La construcción del campanario de la Catedral alcanza el cuarto cuerpo

H_1418 C_ Joan del Poyo construyó el reloj del Miguelete, en la Catedral

CE_1419 SN_ Se reedifica la antigua Iglesia de San Nicolás

C_1424 C_ El maestro Martí Llobet realiza el antepecho de la terraza de la torre campanario de la Catedral

CE_1426 C_ Prolongación delantera de las naves de la Catedral

H_1429 C_ Finaliza la obra del Miguelete, en la Catedral

C_1432 C_ El maestro Martí Llobet repara el Cimborrio de la Catedral

CE_1440 C_ Baldomar empieza la ampliación por los pies de la Catedral, conocida como Arcada Nova

H_1448 C_ Se bendice la campana del Cimborrio de la Catedral

H_1453 C_ Se encarga a Antoni Dalmau el proyecto del remate de la torre de la Catedral, pero no llegó a construirse

CE_1455 SN_ Se amplía la Iglesia de San Nicolás hacia sus pies, hacia el cementerio

C_1472 SE_SC_ Se renueva la cabecera del templo de San Esteban. Renovación también de la cabecera de la Iglesia de Santa Catalina en estilo gótico con girola

CE_1480 C_ Pere Compte termina la ampliación por los pies de la Catedral. En esta ampliación el Miguelete, hasta entonces exento, queda unido a la Iglesia

XVI

CE_1504 SE_ El cantero Joan Corbera coloca la cubierta del presbiterio en la Iglesia de San Esteban

CE_1514 SE_ Se reconstruye la Iglesia de San Esteban debido a su estado ruinoso. Se derriba y rehace, desde su cimentación, la primera arcada junto al presbiterio

CE_1515 SE_ El cantero Fernando de León reconstruye los dos siguientes tramos de la



Iglesia de San Esteban

H_1520 SC_ Hasta este año se sitúa el tribunal del Almotacén en el lado izquierdo de la fachada principal a los pies de la Iglesia de Santa Catalina

H_1527 SM_ Se compran las casas colindantes para ampliar el templo de San Martín hacia el este

E_1529 SC_ Los problemas estructurales debidos al vaciado de los contrafuertes en la Iglesia de Santa Catalina empiezan a hacerse patentes.²⁴ Jonnes de Poyo, obrer de vila, tiene que recalzar un pilar que amenaza ruina²⁵

H_1531 SA_ Se concede a la emparedada Quiteria de Mora tomar un palmo y medio de territorio junto al campanario de la Iglesia de San Juan de la Cruz

C_1536 SC_ Remodelación y decoración de la Iglesia de Santa Catalina al estilo clasicista. El 7 de mayo se consagra la Iglesia por los obispos D. Pedro de Ponte y D. Francisco de Megia, según Orellana y Cruilles (aunque otros autores sitúan la Consagración en el 7 de mayo de 1520)²⁶

H_1538 ES_ El 18 de noviembre se pone la primera piedra de la nueva fábrica de la Iglesia de El Salvador

C_1547-1570 SM_ Renovación de la cabecera de la Iglesia de San Martín en estilo renacentista, obra atribuida al cantero Miguel Porcar que intervino también en la Obra Nova de la Catedral

CE_1549 ES_ Se termina la ampliación de la Iglesia de El Salvador por la cabecera y la construcción del coro, altar mayor, sacristía y archivo

H_1563_ Dibujo de la ciudad por Anthonie van den Wijngaerde

C_1571-1573 SM_ Se construye la sacristía de la Iglesia de San Martín por el maestro Joan de Alfafar y la participación del carpintero Gaspar Gregori, que es autor de la traza de la Obra Nova de la Catedral

²⁴ _ Bérchez, 1995.

²⁵ _ Pérez, 2012.

²⁶ _ Agramunt, 1979.



H_1575_ Tratado de Alonso de Vandelvira, sobre el arte de cortar la piedra

H_1584 SC_ Incendio en la Iglesia de Santa Catalina el 29 de marzo, día de Jueves Santo, que destruye totalmente el altar mayor, el órgano y la sillería de coro, también parte de los retablos de las capillas laterales y el archivo, según Cruilles, Orellana y Bérchez (aunque según Garín Ortíz este incendio ocurre el mismo día del año 1548). Debido a este incidente comienza una reconstrucción del templo

H_1592 SJ_ Incendio en la Iglesia de los Santos Juanes. Se decide reedificar la cabecera y ampliar el templo por el testero

XVII

C_1601-1615 SA_ Construcción del actual templo de San Juan de la Cruz a cargo del Patriarca Ribera

C_1603-1608 SJ_ El 13 de diciembre de 1603 se incendia la iglesia quemándose todo el retablo de la capilla mayor y su testero, debido a esto se reedifica suntuosamente colocando la primera piedra el Beato Patriarca Juan de Ribera. Se realiza el ábside ochavado con sacristías laterales en la Iglesia de los Santos Juanes

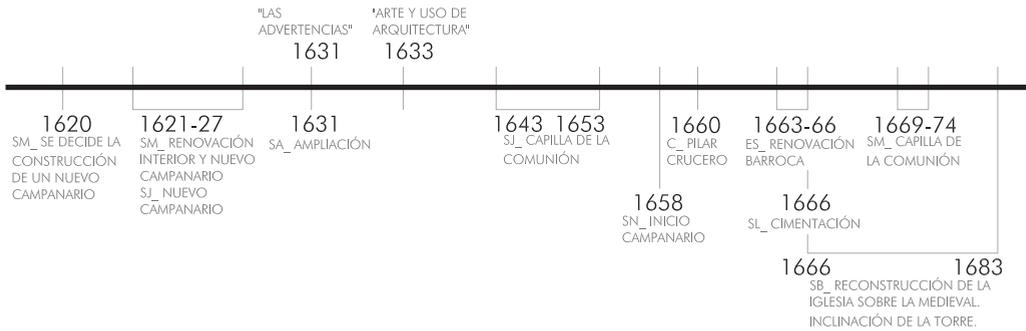
CE_1604-1618 SE_ Obras en el templo de San Esteban para solucionar los problemas estructurales: reparar bóvedas, reforzar contrafuertes y cubrir de tejado toda la iglesia

H_1608_ Plano de Antonio Manceli

C_1608 SE_ Se reforma la Iglesia de San Esteban empezando por la capilla mayor y el tramo de la nave que la precede con sus capillas

CE_1611 SA_ Intervención en la Iglesia de San Juan de la Cruz, se construyen las dos primeras arcadas y la obra continua hasta los pies

CE_1618-1620 SM_ El maestro Antonio Gallego cubre la nave de la Iglesia de San Martín con una falsa bóveda dejando oculta la estructura ojival anterior. Se construye una sobrecubierta de teja a dos aguas. En 1620 se decide la construcción de una nueva torre en el lado opuesto



C_1621 SM_ Renovación interior del templo de San Martín: repicado y blanqueado de los muros, siendo el maestro de obras Bartolomé Abril y el cantero Tomás Leonar

CE_1621-1627 SM_ SJ_ Construcción del nuevo campanario de la Iglesia de San Martín, a cargo de los canteros Bartolomé Abril y Tomás Leonart Esteve. Se levanta también el campanario de los Santos Juanes. Juan J. Gavara señala que el tracista de ambos podría ser Fray Gaspar de San Martín.

H_1631_ Se publica "Las Advertencias", recomendaciones de torres campanario de la Iglesia contrarreformista

CE_1631 SA_ Intervención en la Iglesia de San Juan de la Cruz, se amplía la tercera capilla lateral derecha y habilita como sagrario

H_1633_ Publicación de "Arte y uso de arquitectura", de Fray Lorenzo de Nicolás. Lecciones de cómo construir un campanario

C_1643-1653 SJ_ En la Iglesia de los Santos Juanes se construye la Capilla de la Comunión, trazada por fray Gaspar de San Martín y edificada por Diego Martínez Ponce de Urrana

CE_1658 SN_ Inicio de las obras del campanario de la Iglesia de San Nicolás

E_1660 C_ Pablo Albiniano de Raxas interviene en uno de los pilares del crucero de la Catedral, en el lado de la puerta de los Apóstoles, por amenazar ruina

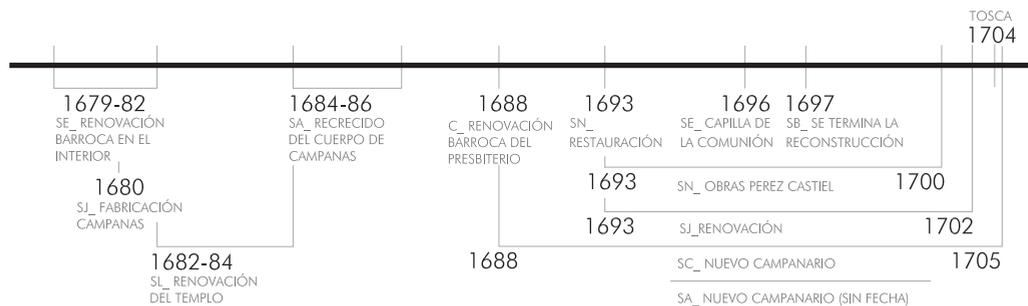
C_1663-1666 ES_ Renovación barroca del interior del templo de El Salvador

E_1666 SL_ Cimentación actual de la Iglesia de San Lorenzo, por los maestros Pedro Leonardo y Pedro Do

C_1666-1683 SB_ Reconstrucción de la Iglesia gótica de San Bartolomé sobre preexistencias medievales. Esto provoca la inclinación de la torre y obliga a Juan Pérez Castiel a intervenir para enderezarla

C_1669-1674 SM_ En la Iglesia de San Martín se construye la Capilla de la Comunión, trazada por Gaspar Matutano y edificada por José Escrivá y Juan Viñes. Se restaura la capilla de la Soledad

C_1679-1682 SE_ Juan Pérez Castiel realiza renovaciones barrocas en el interior de



San Esteban

C_1680 SJ_ Se fabrican cuatro campanas para la Iglesia de los Santos Juanes

C_1682-1684 SL_ Se renueva el templo de San Lorenzo

C_1684-1686 SA_ Se levanta el cuerpo de campanas de la torre de San Juan de la Cruz con ladrillo

C_1688 C_ Renovación barroca del presbiterio en la Catedral

H_1688-1705 SC_ El 5 de Octubre de 1688 se coloca la primera piedra de la torre de la Iglesia de Santa Catalina empezando la construcción del nuevo campanario. Lo inicia el maestro cantero Valero Viñes, pero es construido casi totalmente por su hermano, Juan Bautista Viñes. Según investigaciones realizadas por Bérchez y Sanchis Guarner, por el modo de operar todo parece indicar que Juan Pérez Castiel es su tracista

H_1693 SN_ Juan Pérez Castiel realiza el proyecto de restauración de la Parroquia de San Nicolás

C_1693-1702 SJ_ Se renueva el interior del templo de los Santos Juanes al estilo barroco

C_1696 SE_ En la Iglesia de San Esteban se construye la Capilla de la Comunión, atribuida a Francisco Padilla

C_1697 SB_ Terminan las obras de reconstrucción de la Iglesia de San Bartolomé, según fecha en una de sus dos portadas ubicada actualmente en el Jardín de Viveros de Valencia ²⁷

C_Finales Siglo XVII SA_ Se realiza la portada barroca principal del templo de San Juan de la Cruz y la torre campanario

²⁷ _ Artículo publicado en *Las Provincias*, con fecha 19.1.2003.



XVIII

C_1700 SN_ La Iglesia de San Nicolás sufre una renovación total y se pinta al fresco por Palomino

H_1702 SJ_ Se nombra a Juan Pérez Castiel experto en la Parroquia de los Santos Juanes para todas las obras de su restauración

C_1703 C_ Construcción de la barroca Porta dels Ferros de la Catedral

H_1704_ Plano del Padre Tomás Vicente Tosca "Valencia Edetanorum..."

C_1706 SM_ Se limpia la estatua de la portada en la Iglesia de San Martín

C_1710 SM_ Intervenciones en la Iglesia de San Martín, se construye el sagrario y adorno del presbiterio, y los encasetonados de su bóveda

H_1712 C_ Tomás Vicente Tosca estudió el Cimborrio de la Catedral en su Tratado de Arquitectura

C_1715 SM_ En la Iglesia de San Martín se decora y estuca la capilla mayor, manteniendo la decoración de la construcción original del siglo XVI

C_1723-1724 SM_ Mauro Minguet construye la nueva sacristía de San Martín sobre la anterior, siguiendo la traza de José Cardona y Pertusa

H_1729 SC_ Se funden las campanas para la Iglesia de Santa Catalina en Londres por Richard Phelps

H_1730 SC_ El campanero Antoni Balaguer coloca las campanas de la torre vieja de Santa Catalina

C_1736 C_ Se eleva la espadaña barroca que conserva actualmente el Miguelete en la Catedral

C_1739-1750 SM_ Renovación del templo de San Martín realizada por el arquitecto José Herrero y Tomás Miner, interviniendo también los maestros Miguel y Lorenzo Martínez y los canteros Sancho y Juan Bautista Ribes

C_1741 SA_ Se termina la Capilla de la Comunión en la Iglesia de San Juan de la Cruz

H_1742 SC_ Se derriba el antiguo campanario de Santa Catalina. Estaba situado a



los pies de la iglesia, entrando a mano derecha, muy reducido. Se derriba hacia el año 1742 cuando se hace la renovación del templo ²⁸

C_1742-1785 SC_ La renovación de la Iglesia de Santa Catalina es realizada casi totalmente por el arquitecto Felipe Rubio Mulet: redecoración del interior en estilo barroco, cegado del rosetón a los pies y los óculos, cambio de cubierta, construcción de la fachada de la calle Tapinería y reforma de la portada principal ²⁹

C_1743-1746 SL_ Construcción del campanario de la Iglesia de San Lorenzo. Orellana lo atribuye a José Mínguez

F_1748_ Terremoto en Valencia el 23 de marzo, con epicentro en Montesa. Teodoro Llorente describe los daños provocados

C_1750 SA_ Se renueva el interior del templo de San Juan de la Cruz

CE_1753-1755 SE_ En la Iglesia de San Esteban se recrece el cuerpo de campanas en ladrillo y se remata el campanario, relacionado compositivamente con el de San Nicolás

C_1755 SN_ Se termina el cupulino del campanario de San Nicolás

H_1755_ III Centenario de la Canonización de San Vicente Ferrer

H_1761 SE_ Se colocan dos nuevas campanas en el campanario de San Esteban

H_1768_ Se crea la Real Academia de Bellas Artes de San Carlos, importante no solo por la unificación de criterios estéticos, sino también por la conservación del patrimonio de la ciudad. Juega un papel crucial cuando siglos después se propone destruir la Iglesia de Santa Catalina y también en la conservación del campanario de San Bartolomé

C_1770 SE_ Realización de una nueva veleta para el campanario de San Esteban

C_1774 C_ Recubrimiento neoclásico del interior de la Catedral

CE_1777 C_ Antonio Gilabert interviene en un pilar de la Catedral, en el lado de la Epístola

²⁸ Cruilles, 1876, 376-385.

²⁹ Pérez, 2012.



XIX

CE_Principios Siglo XIX SE_ Se reforma la cabecera de la Iglesia de San Esteban dándole una forma semicircular y cubriéndola con bóveda de horno

C_1804 ES_ Se coloca el púlpito en la ubicación actual en la Iglesia de El Salvador

E_1822 SL_ Como consecuencia de un terremoto, se agrieta la bóveda de la Iglesia de San Lorenzo y se mueve la torre provocándole un desplome³⁰

C_1825 ES_ Se acuerda la construcción de nueva planta del presbiterio y del altar mayor, y la decoración interior del templo de El Salvador

C_1826-1829 ES_ Intervención en la Iglesia de El Salvador realizada por el arquitecto Manuel Fornés y Gurrea, decoración de estilo neoclásico

C_1861 SN_ La Iglesia de San Nicolás sufre añadidos neogóticos realizados por el arquitecto Timoteo Calvo

C_1867 SM_ SN_ SC_ En la Iglesia de San Martín se realiza la limpieza de la escultura ecuestre por Jaime Campoy y Miguel. En San Nicolás se restaura el altar mayor y se vuelve a dorar, presentándose como un modelo de construcción de la época. En Santa Catalina se renueva el remate del campanario seguramente con cubrimiento de teja ³¹

H_1868-1903_ Apertura de la Calle de la Paz. El campanario de Santa Catalina se convierte en fondo de perspectiva de la calle

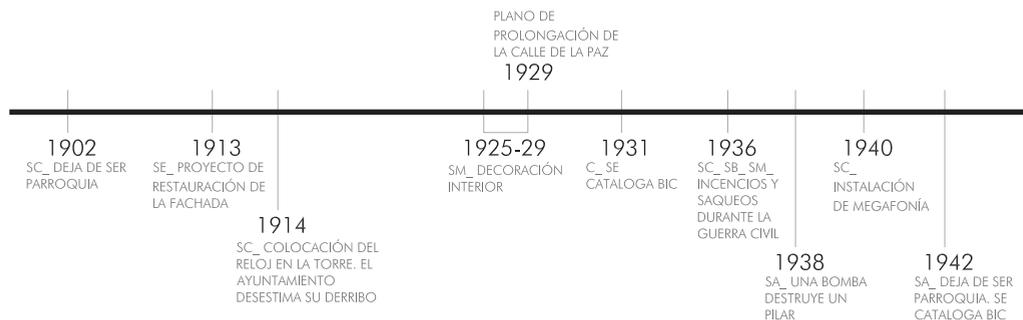
F_1875 SM_ Demolición del último cuerpo del campanario de San Martín que, afectado por un rayo, amenaza ruina

C_1899 SM_ Limpieza de la escultura ecuestre en la Iglesia de San Martín, por Tomás Díez y Julián Billanueva

C_Finales Siglo XIX SJ_ Se desmonta el remate superior del campanario de la Parroquia de los Santos Juanes

³⁰ _ Juan, 1999, 215 y 359.

³¹ _ Casar, 2001.



XX

H_1902 SC_ Santa Catalina pierde su condición de parroquia

H_1913 SE_ Francisco Almenar realiza el proyecto de restauración de la fachada de la Iglesia de San Esteban

CH_1914 SC_ José Gómez, relojero, monta el reloj de la torre de Santa Catalina. Francisco Javier Goerlich Lleó propone demoler la Iglesia y conservar exclusivamente el campanario, la Real Academia de Bellas Artes de San Carlos emite un dictamen apelando a la conservación del mismo. El Ayuntamiento finalmente desestima la demolición de la torre

C_1925-1929 SM_ Se redora y reestuca el interior de la Iglesia de San Martín

H_1929 SC_ Plano de nuevas líneas para la reforma del interior de Valencia. Se propone la prolongación de la Calle de la Paz y la demolición de la Iglesia de Santa Catalina, manteniendo la torre campanario como edificio exento

H_1931 C_ El 3 de junio la Catedral es nombrada Monumento Histórico Artístico y catalogada Bien de Interés Cultural

H_1936 SC_ SB_ SM_ Durante la Guerra Civil española, las Iglesias de Santa Catalina y San Bartolomé son incendiadas y saqueadas mientras que San Martín también sufre muchos daños.

H_1938 SA_ Bombardeo sobre la Iglesia de San Juan de la Cruz. Una bomba destruye la columna de la derecha y otra cae en la plaza detrás del templo

C_1940 SC_ Se instala el sistema de sonido por megafonía en Santa Catalina, según el proyecto de José Ignacio Casar

H_1942 SA_ San Juan de la Cruz pierde la titularidad de parroquia y está a punto de desaparecer, incluso con el acta de demolición firmada, finalmente no se demuele al adquirir la Categoría de Bien de Interés Cultural el 24 de Abril

H_1947 SB_ SJ_ Desiderio López Ruyales, provisor de la Archidiócesis de Valencia, solicita el permiso al Ayuntamiento para el derribo de la Iglesia de San Bartolomé. Alcaldía



concede el permiso provisional, pero se requiere abonar las tasas. La Iglesia de los Santos Juanes adquiere la categoría de Bien de Interés Cultural el 21 de febrero

H_1948 SB_ El Ayuntamiento emplaza a designar facultativo director del derribo de la Iglesia de San Bartolomé y pago de las tasas. Salvador Pascual Gimeno acepta la designación como técnico director de las obras de derribo con excepción de la torre campanario y se pagan las tasas

CH_1949 SB_ Se efectúa el derribo de la Iglesia de San Bartolomé a excepción de la torre y de las dos portadas de entrada, así como el muro perimetral del solar que se ha dejado hasta una altura de tres metros como cerramiento del solar. El arquitecto Javier Goerlich Lleó presenta proyecto de "Bloque de viviendas bonificables sobre el solar de la plaza de San Bartolomé", el 19 de julio de 1951 se concede licencia de obras, según documentación en el Archivo Municipal de Valencia (Palacio de Cervellón)

CE_1950-1966 SC_ Repristinación global de todo el templo de Santa Catalina por Luis Gay Ramos ³²

CE_1954 SE_ Obras en el interior de la Iglesia de San Esteban y en su cubierta

H_1956 SE_ La Iglesia de San Esteban adquiere la categoría de Bien de Interés Cultural el 14 de septiembre

C_1961 SM_ En la Iglesia de San Martín se terminan las obras de construcción del altar mayor, proyectado por el arquitecto Miguel Colomina

CE_1970 C_ Trabajos para recuperar la Catedral gótica

C_1980 SM_ Se restaura la Capilla de la Comunión en la Iglesia de San Martín

H_1981 SN_SC_ La Iglesia de San Nicolás es declarada Bien de Interés Cultural el 5 de junio. El templo de Santa Catalina es declarado Monumento Histórico Artístico Nacional con protección de Bien de Interés Cultural el 27 de marzo

C_1981 C_ Ramiro Moya y Luis Gay, realizan un proyecto de restauraciones en el Miguelete en la Catedral, finalizadas por Miguel Angel López Miguel

³² _ Gay, 1950-1966.



H_1982 SB_ En el BOE de 2 de febrero se incoa la torre de San Bartolomé Bien de Interés Cultural

H_1983 SM_ La Iglesia de San Martín se declara Bien de Interés Cultural el 19 de enero

H_1984 SC_ Valoración patrimonial de la torre de Santa Catalina

CH_1989 SB_ Se emiten informes sobre el estado de conservación de la torre de San Bartolomé por parte de Consellería, al que responde otro informe por parte del Ayuntamiento y finalmente Bomberos obliga a una intervención de urgencia debido a desprendimientos de cascotes de una cornisa a la vía pública. El Servicio de Patrimonio Histórico prepara el proyecto de restauración: "Medidas urgentes para la reparación de la torre de San Bartolomé". Las obras las lleva a cabo Derribos Prieto

H_1995 SB_SL_ Pese a los intentos de cesión del campanario de San Bartolomé al Ayuntamiento por parte de sus propietarios, Comunidad de Propietarios del edificio de viviendas anexo a la torre Plaza de Manises nº3, el Ayuntamiento no acepta la cesión. El arquitecto Carlos Campos realiza los estudios previos de Restauración de la Iglesia de San Lorenzo promovido por las Cortes Valencianas

C_1999 ES_ Rehabilitación de la torre campanario de la Iglesia de El Salvador por Juan Gomis. La empresa 2001 Bells restaura las campanas del siglo XVIII, recuperando los yugos originales

XXI

H_2000 C_ Redacción del Plan Director de la Catedral

CE_2000-2007 SN_ Proyecto y dirección de las obras de restauración de cubiertas del primer tramo y torre campanario de San Nicolás

CE_2002-2004 SC_ Proyecto de Restauración de las fachadas de la Iglesia de Santa Catalina a Plaza Lope de Vega y Calle Tapinería. Proyecto Básico y de Ejecución de la Torre de Santa Catalina. Obras de Emergencia. Realizados por José Ignacio Casar Pinazo (arquitecto) y José Manuel Montesinos Pérez (arquitecto técnico)



CE_2005-2014 C_ Realización de distintas obras en la Catedral por el arquitecto Salvador Vila: recuperación de las pinturas renacentistas del ábside ocultas bajo la bóveda barroca, recuperación de la cubierta plana de la girola, restauración de la capilla de San Pedro, restauración de la fachada recayente a la plaza de la Almoyna, restauración de la Obra Nova, intervención en el tramo de fachada barroca entre la Puerta de los Hierros y la fachada del Santo Cáliz

CE_2006-2010 SM_ Restauración integral de la Iglesia de San Martín por los arquitectos Carlos Campos y Gaspar Muñoz, promovido por la Consellería de Infraestructuras y la fundación La Luz de las Imágenes

H_2007 ES_ El templo de El Salvador tiene la condición de Bien de Interés Cultural el 28 de septiembre

CE_2009-2010 SE_SA_ Proyecto y obras de restauración de la Iglesia Parroquial de San Esteban encargado por la fundación La Luz de las Imágenes y realizado por la arquitecta Inés Esteve Sebastiá. También se realiza el proyecto y obras de restauración de la Iglesia de San Juan de la Cruz encargado por la misma fundación y realizado por los arquitectos Carlos Boigues i Gregori y Eladia Ballestero Marín

CE_2011-2012 SN_ Proyecto y obras de restauración de las fachadas de la Iglesia de San Nicolás, promovido por dicha parroquia y realizado por el arquitecto Carlos Campos.

2. OBJETIVOS

Durante la investigación inicial y la recopilación de información publicada sobre la Iglesia de Santa Catalina de Valencia se ha comprobado que no existe un lugar ni documento único que recoja toda la información histórica y constructiva de este templo. El archivo del templo se perdió durante la guerra civil y con él toda la documentación acerca de su historia, construcción y evolución. En esta tesis se pretende recopilar los datos encontrados respecto a este edificio y resaltar los aspectos históricos y constructivos más importantes para entender el comportamiento estructural de la iglesia.

No se ha encontrado ningún estudio sobre esta iglesia y su campanario que aborde el comportamiento estructural de un modo global. En esta investigación se realiza un análisis estructural teniendo en cuenta todos los aspectos históricos y constructivos que han ido generando distintos sistemas estructurales complejos a lo largo del tiempo según su evolución y las intervenciones que se han dado en el templo. Para llevar a cabo este estudio estructural ha sido necesario conocer el proceso de crecimiento del edificio, los materiales utilizados en su construcción, las intervenciones que ha sufrido, los sucesos históricos que han tenido una influencia en su estabilidad estructural...

Para realizar el modelo de cálculo estructural ajustado a la geometría del estado actual del templo es esencial realizar un levantamiento gráfico exhaustivo que refleje las deformaciones reales, cuantificando los desplomes y desniveles de todos los elementos constructivos de la iglesia. Para ello se utiliza la técnica del escáner láser 3D realizando un barrido tanto en el interior como el exterior de la iglesia y su campanario, determinando no sólo los espesores reales de los muros sino también las deformaciones (desplazamientos y giros) que sufren éstos y otros elementos estructurales.

Una de las cuestiones a esclarecer con el modelo de cálculo es la ausencia de arbotantes en la nave central, tema que tanto llamaba la atención a Garín y a otros historiadores que comparaban este templo con los modelos empleados en las iglesias y catedrales centroeuropeas. Para dar una respuesta a las diferencias del sistema estructural empleado en Santa Catalina se analiza su sistema murario. Aparentemente consiste en elementos diafragmáticos continuos, al igual que ocurre en la catedral de Valencia, sistema que estaría oculto bajo la cubierta pero que es muy eficaz para garantizar un mejor comportamiento frente a sismo.

El siguiente objetivo es confirmar si el peso de las bóvedas originales de piedra y el giro de la directriz de algunos contrafuertes son causas que agraven los numerosos daños que sufría la iglesia después de la guerra civil como, por ejemplo, fisuras en las bóvedas, deformaciones en los arcos, desplomes en los muros y pilastras... En ese momento Gay planteó su intervención en el edificio y, con el motivo de exceso de peso, justificó el cambio de las bóvedas de piedra por otras bóvedas de ladrillo que introducían una carga menor. Además se analiza el estudio realizado en 1950 de los arcos por medio de estática gráfica 2D y se contrasta con otro estudio más avanzado realizado durante esta investigación en estática gráfica 3D.

Una de las hipótesis que se baraja en relación a la evolución constructiva de la iglesia es la conversión de un templo uninave en otro de tres naves por medio de la perforación de los contrafuertes para permitir la continuidad del deambulatorio en ambos lados de la nave central, creando así las naves laterales. Tomando esta hipótesis como válida, se trata de dar respuesta a este planteamiento y justificar si esta perforación de los contrafuertes puede ser la causa de los daños estructurales que aparecieron en la iglesia.

También se plantea como objetivo analizar el comportamiento estructural de la iglesia con la cubierta plana primitiva y compararlo con el comportamiento con la cubierta a dos aguas actual. Algunos restos encontrados en el intradós de los muros y fotografías realizadas por Gay parecen indicar que inicialmente esta iglesia disponía de cubierta plana. Sin embargo Wijngaerde ya la graficó inclinada, por lo que se supone que la modificación de la cubierta sería bastante temprana.

Un objetivo particular de la torre es estudiar el efecto estructural que introduce sus contrafuertes en esquina (similares a los del Miguelete) y la reinterpretación que se hace en el cuerpo de remate de los arbotantes góticos y su función resistente.

Por último analizar la respuesta de la torre en caso de haberse aprobado las reformas interiores que planteaba el plan urbanístico presentado en 1929 y se hubiera demolido la Iglesia dejando el campanario exento. En este estudio se analiza el comportamiento estructural de la torre más esbelta de la ciudad si se hubiera dejado exenta, tanto a esfuerzos gravitatorios como a esfuerzos horizontales, y su respuesta frente al sismo.

3. LA IGLESIA DE SANTA CATALINA

Situación_
Plaza Virgen de la Paz, nº 8

Barrio_
1- La Seu

Distrito_
1- Ciutat Vella

Referencia Catastral_
5829117YJ2752H

Superficie_
1651'93 m²

Situada en el Barrio del Mercat de la Ciutat Vella de Valencia, la Iglesia de Santa Catalina fue declarada Conjunto Histórico en 1993. En un entorno de doscientos metros alrededor confluyen importantes edificaciones declaradas patrimonio histórico como la Catedral, la Lonja, el Mercado Central, la Iglesia de los Santos Juanes, la Iglesia de San Martín, la Plaza Redonda y el Palacio del Marqués de Dos Aguas. El templo y la torre fueron declarados Monumento Histórico-Artístico de carácter nacional e incoados Bien de Interés Cultural en 1981.

Este templo fue mezquita inicialmente y se fundó como iglesia en 1245. Fue a partir de 1300 cuando se inició su construcción en estilo gótico y el gremio de Tapineros decidió ampliarlo debido a su escaso aforo. La iglesia de Santa Catalina forma parte del grupo de parroquias construidas alrededor de la Catedral tras la Conquista de la ciudad. La gran mayoría de ellas pertenecen al estilo gótico mediterráneo³³ que reproduce el tipo de iglesia de una única nave con capillas entre los contrafuertes laterales, con ábside poligonal y bóvedas de crucería entre los arcos fajones.

Debido a la escasez de información existente del templo anterior al siglo XVI y además de la desaparición de documentación tras la guerra civil, son muchas las incógnitas e interpretaciones que se hacen de su construcción. Según toda la documentación consultada, los historiadores confluyen básicamente en dos hipótesis de su evolución constructiva: la primera, defendida por Martínez Aloy, Gavara y Bérchez entre otros, considera que la iglesia se construyó inicialmente con una única nave y, posteriormente, cuando se añadió la girola se perforaron los contrafuertes creando las dos naves laterales que daban continuidad al deambulatorio; la segunda hipótesis, defendida por Casar, sostiene que la iglesia se construyó desde un principio con tres naves y que se finalizó por los pies y no por la cabecera. Los autores que apoyan la primera hipótesis creen que ese vaciado de la sección resistente de los contrafuertes generó numerosos problemas estructurales

³³ _ Zaragoza, 1990.

Imagen 3.1_

Planta de la Iglesia con la nomenclatura de sus capillas según Díez Arnal, 2015. Destaca el diseño de su giro-la y la asimetría de la planta.

Elaboración_

José Ignacio Casar. 2002

en el templo. Sin embargo, Casar argumenta que a mediados del siglo XIV los pies de la nave central quedaban alineados con la calle de la Argenteria (actual Tapineria). Según sus investigaciones que veremos a continuación es indudable que la iglesia se finalizó por sus pies aproximadamente entre 1367 y 1371 con la construcción de las capillas de Arnau de Valleriola y Gregori Simó, adelantando la fachada oeste a la línea actual. En 1371 hay constancia de una venta de un sobrante de terreno por parte de los obreros de Santa Catalina a la ciudad, ahí construyeron la *llotgeta del mustassaf*³⁴, justo en los pies de la iglesia a la izquierda de la puerta principal. Por lo tanto, los estudios realizados por José Ignacio Casar ponen en duda la construcción original de la iglesia como uninave:

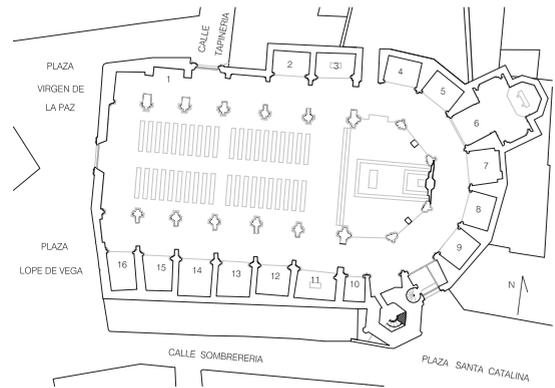
*“Los datos expuestos permiten asegurar que la construcción de la iglesia de Santa Catalina se llevó a cabo desde la cabecera hasta los pies durante un período que, en lo esencial, se iniciaría no antes de fines del siglo XIII y concluiría básicamente hacia 1371. No tienen fundamento, pues, algunas afirmaciones contenidas en el artículo antes señalado de Gavara (1995), como las que pretenden que “su fábrica se inicia inmediatamente después de la conquista” o que “la cabecera es obra posterior” a la nave; los datos sobre la construcción de las capillas finales del lado de la Epístola en 1367 muestran también lo improbable de que el corredor lateral se hubiese producido por un vaciado de contrafuertes.”*³⁵

Parece claro que la configuración general de la planta de la iglesia quedó concluida a finales del siglo XIV, siguiendo realizando trabajos en el templo de menor importancia. Entre 1406 y 1411 hay obras documentadas en la Iglesia llevadas a cabo por Pere Ba-

³⁴ _ La *llotgeta del mustassaf* o tribunal del almotacén, según la RAE, era el lugar donde estaba el funcionario municipal encargado de la vigilancia de los mercados y de la higiene pública, además del control de las pesas y medidas de la ciudad. En la parte superior izquierda de la fachada se conservan las argollas en las que se colocaba el mástil de la bandera que indicaba la celebración de ese tribunal.

³⁵ _ Casar, 2001.

- 1_ Cristo de la Paz
- 2_ Capilla Virgen de la Cueva
- 3_ Capilla Santa Catalina
- 4_ Capilla Virgen del Pilar
- 5_ Capilla Virgen del Lleó
- 6_ Capilla del Santísimo
- 7_ Capilla Sagrado Corazón de Jesús
- 8_ Capilla Beato Manuel Domingo Sol
- 9_ Capilla Virgen de la Vocación
- 10_ Capilla de San José
- 11_ Capilla de la Anunciación
- 12_ Capilla Cristo de la Resignación
- 13_ Capilla Nuestra Señora de Fátima
- 14_ Capilla Inmaculada Concepción
- 15_ Capilla Santa Teresa Jornet
- 16_ Capilla San Antonio de Padua



laguer³⁶. En 1472 se informó de la amenaza de ruina de la cabecera y la necesidad de reparar la cubierta. En ese año se renovó la cabecera con obras de consolidación en las bóvedas, se sustituyó el pavimento y se realizaron las vidrieras de la cabecera.

La planta tiene tres naves que constan de seis tramos. Como particularidad en la configuración de su planta, presenta una asimetría respecto al eje longitudinal de la nave central: en el lado de la Epístola tiene seis capillas y en el lado del Evangelio únicamente tiene dos capillas. Esta irregularidad es debida a que el templo se encuentra rodeado de otras propiedades que le impiden ampliar y completar su planta. Los tramos en la nave mayor son oblongos, de unos 12 metros de anchura y entre 4 y 5 metros en la dirección longitudinal de la iglesia (eje principal Este-Oeste)³⁷. Tanto los arcos formeros como los fajones son apuntados. Otra particularidad es la presencia de arbotantes únicamente en la cabecera ya que en las naves laterales son los contrafuertes, que sobresalen en altura por el exterior de la cubierta, los que transmiten las cargas desde la nave central hasta la cimentación. Como indica Garín en el siguiente texto:

*“Se añade a su carácter excepcional, la curiosa ausencia de arbotantes en el exterior para contrarrestar los empujes de la nave central y que debían instalarse sobre las naves laterales, elemento que se sustituye, inexplicablemente por la adopción de pesados contrafuertes levantados sobre dichas naves, produciendo el consiguiente peso que ha perjudicado gravemente la estructura a través de los tiempos, a duras penas contenido por el empleo de entibos y apuntalamientos visibles claramente, hasta la remodelación actual de que ha sido objeto todo el templo.”*³⁸

³⁶ _ Zaragozá, 2000, 134.

³⁷ _ Orientar el eje longitudinal de la iglesia en la dirección Norte-Sur es una característica propia de las iglesias góticas en esta época.

³⁸ _ Garín, 1983, 186-189.

La Iglesia presenta otra particularidad en el remate de la planta, su cabecera está rodeada de una girola con una disposición poco común. A imitación de la girola de la Catedral, presenta un número par de capillas radiales y por lo tanto un pilar en su eje de simetría en lugar de una capilla, como era lo habitual en la época.

La fachada principal o imafrente está situada a los pies de la iglesia, dando a la Plaza Lope de Vega. En ella se conservan huellas que reflejan su evolución constructiva a lo largo del tiempo. Un ejemplo de ello es tres arcosolios o capillas sepulcrales situados a la derecha de la fachada que se tapiaron a mediados del siglo XVIII y muestran la ubicación del antiguo cementerio. Era también en ese lado sur donde se encontraba el antiguo campanario medieval, prismático y con un pequeño chapitel de remate y un hueco en cada lado, según dibujó Wijngaerde. Este campanario perduró hasta el siglo XVIII. En el lado izquierdo del imafrente, en su parte superior, se conservan las piedras que sujetaban el mástil que determinaba la situación del almotacén y el panel de azulejos con una hornacina que reflejan la capilla de la Virgen de la Paz que se construyó en el mismo lugar tras demoler la llotgeta del mustassaf. La fachada lateral recayente a la calle de Santa Catalina (fachada Sur) está totalmente oculta tras unas edificaciones, únicamente se percibe el actual campanario y la puerta que da al deambulatorio. La otra fachada lateral (lado Norte) está parcialmente cubierta por otros edificios, puede verse únicamente el tramo comprendido entre la Plaza Lope de Vega y la calle Tapinería.

Continuando con la evolución cronológica del templo, la llotgeta del mustassaf fue demolida entre 1510 y 1512, quedando absorbida en el interior del templo debido a la construcción de la capilla de la Virgen de la Paz, aunque otros autores como Teixidor datan su demolición en 1594. La Consagración del templo se realizó el 7 de mayo de 1520. El 7 de marzo de 1529 se capitula rehacer el pilar que está entre el pilar de la trona y el pilar del crucifijo. También se capitula el costo de las obras consistentes en reparar la *"falsa cubierta que stá damunt la capella major..."*, el concepto de falsa habría

Imagen 3.2_

Fachada de la Plaza Lope de Vega. En el centro el gran rosetón y la portada de acceso. A la derecha un rosetón y bajo él los tres arcosolios. A la izquierda arriba las piedras que recuerdan el Almotacén y abajo otro rosetón y el panel de azulejos.



Elaboración_

De la autora. 2014

que interpretarlo como cubierta inclinada sobre la auténtica original plana, cuya existencia se explica más adelante. En junio del mismo año se paga a Joan de Batea por “les mans del cargoll fet en la obra de Senta Catherina”, podría ser la actual escalera de caracol junto a la torre campanario que daba acceso al archivo parroquial. En 1532 se construyen los órganos de la iglesia y dos años más tarde, en 1534, se capitula la pavimentación del templo con “pedra blava”.³⁹

Tras el incendio del 29 de marzo de 1584, la iglesia sufrió obras de consolidación y decoración interior. En el siglo XVI, en pleno Renacimiento, se transformó en templo clásico ocultando la bóveda gótica con la decoración renacentista, añadiendo con ello un peso que autores como Martínez Aloy, Garín Ortíz y Gay Ramos han considerado excesivo y una de las causas de los problemas estructurales del templo:

*“A principios del siglo XIV obtuvo una importante ampliación y dos siglos más tarde, en época todavía del Renacimiento puro, fue transformada en un templo clásico, de tres naves con girola y por lo tanto claustral, ocultando la bóveda gótica con un pesado cascarón que es un peligro permanente de ruina. Otras restauraciones, en especial la de 1785, introdujeron los elementos barrocos que sobrecargan la anterior decoración.”*⁴⁰

*“En el siglo XVI el edificio fue remodelado en estilo clásico ocultando la bóveda con un pesado cascarón y recubriendo los muros con diversos elementos decorativos renacentistas”*⁴¹

“En el siglo XVI, en pleno Renacimiento, fue transformada en Templo clásico; ocultando

³⁹ Traducción: Piedra azul. Memoria del Proyecto de restauración de las fachadas a plaza Lope de Vega y calle Tapinería de la Iglesia Santa Catalina Mártir. José Ignacio Casar Pinazo. Valencia. 2001.

⁴⁰ Martínez, 1923, 810.

⁴¹ Garín, 1983, 186-189.



Imagen 3.3_

Dibujo que sirvió de base para grabados posteriores. Se centra en el cuerpo de campanas y el remate, con un fuste desproporcionado. El autor anota: "brillante color, cortinas azules, rosa". Pertenece a un álbum propiedad de Pablo Navarro.

Elaboración_

Genaro Pérez Villamil. 1849.

la bóveda gótica, con pesado cascarón que es un peligro permanente de ruina" ⁴²

Por la información que consulta Casar deduce que antes de pintar las cuatro columnas del altar mayor en 1612, éstas fueron reconstruidas, según menciona en la memoria del proyecto realizado por él:

"En 1612 se emite época por la pintura de las cuatro columnas del altar mayor y por el resalto de la cornisa principal que cargan dichas columnas. Cabe deducir que se ha realizado la reconstrucción pertinente." ⁴³

Además añade que un informe de los daños existentes en los pilares recayentes a la calle Sombrerería constata en 1670 la necesidad de realizar una intervención costosa.

El campanario actual se decide construir en 1688 por la junta de parroquianos. Tras estudiar cual debía ser su nueva ubicación se concluye que la mejor localización sería saliendo del templo por la puerta de la girola a mano derecha ya que no molestaba en la distribución de la nave y además se podía aprovechar una antigua escalera de caracol existente. El encargo inicial fue para el cantero Valero Viñes, aunque lo llevó a cabo su hermano Juan Bautista. Se desconoce el nombre del tracista de este "*campanar salomonich*", pero por el modo de operar todo parece indicar que fue el maestro Juan Pérez Castiel. ⁴⁴

⁴² _ Gay, 1950-1966. Concretamente en la memoria redactada para el Proyecto de 1º fase de reconstrucción del Templo.

⁴³ _ Casar, 2001.

⁴⁴ _ Bérchez utiliza el término de "*campanar salomonich*", o campanar salomónico, para referirse a él. Además reconoce parecidos compositivos en la decoración de las ventanas con otras obras del mismo autor, como los nichos torales de la Capilla de Santa Bárbara en la Iglesia de San Juan del Hospital de Valencia.

Imagen 3.4_

Detalle del plano de Valencia de 1740 donde se ve la totalidad de la torre de Santa Catalina ya que se estaba terminando en esas fechas. La portada a la Calle Tapinería aún se dibuja ojival, traza que tuvo hasta las reformas neoclásicas.



Elaboración_

Padre Vicente Tosca. 1704.

En un manuscrito consta que la primera piedra para su fábrica se colocó el 5 de octubre de 1688 y se terminó en 1705 según reproducción fiel de la inscripción en una lápida en la misma torre que dice lo siguiente:

HANC SUMPTUOSAM SYMBOLORUM TUR-
RIM, QUAM GENEROSA PARROQUIANO-
RUM MUNIFICENTIA ANNO 1688. FELI-
CITER INCOAVIT, HOC ANNO 1705, NU-
MERIS OMNIBUS ABSOLUTAM FOELI-
CITER RELIQUIT.

JOANNES BAPTISTA VIÑES.⁴⁵

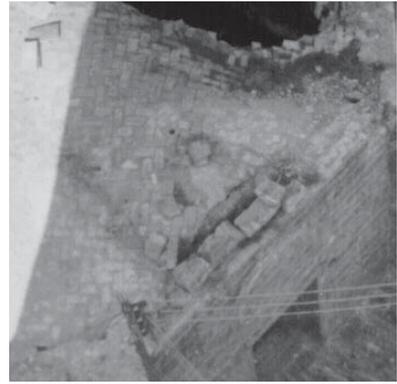
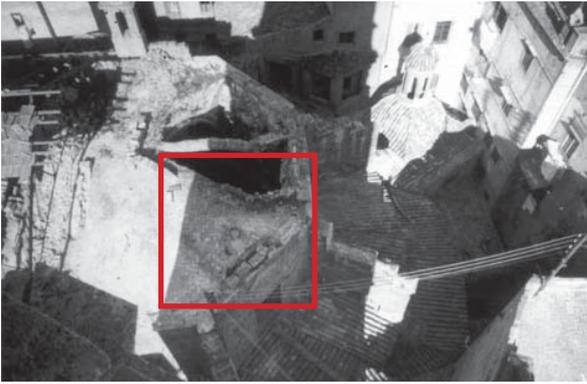
El campanario es de planta hexagonal con 55 metros de altura. Es un ejemplo evidente de decoración barroca de finales del siglo XVII. Está realizado completamente en sillería: la base con piedra de Ribarroja y el resto de Godella. Sigue la tradición gótica de contrafuertes en esquina e impostas que separan los distintos niveles. En la sala de campanas los contrafuertes se convierten en columnas salomónicas. Como novedad compositiva cabe destacar que se rompe el canon de la cornisa recta, de modo que todas las cornisas siguen en su vuelo el relieve de los contrafuertes y columnas.⁴⁶

El fuste se corona con una balaustrada y el campanario se remata con una torrecilla hexagonal compuesta por dos cuerpos: el inferior tiene huecos adintelados y su base se estabiliza con estribos diagonales perforados para permitir su circulación perimetral y el superior tiene arcos con columnas salomónicas y cupulín. En 1728 se capitula la construcción de una nueva veleta y en 1730 el campanero Antoni Balaguer coloca las campanas fundidas en Londres por Richard Phelps un año antes.

⁴⁵ _ De Orellana, 1985, 383. Traducido en: Cruilles, 1979, 12.

“Este suntuoso campanario, a que felizmente se dio principio el año 1688 merced a la generosa munificencia de los feligreses, en el presente año de 1705, cooperando todos, llevolo a cabo y con toda perfección Juan Bautista Viñes”

⁴⁶ _ Juan, 1999, 74-75.



Cabe destacar que en 1715 se constatan obras en el cementerio y en la cubierta de la iglesia. En la descripción de estas obras se corrobora la existencia de una cubierta de teja sobre una cubierta inicial directa. Hay indicios de la existencia de una primera cubierta plana, como una gárgola interior y distintas huellas en los muros de la nave principal. Una fotografía de la cubierta del presbiterio tomada por Luis Gay en 1952 corrobora esta versión. Esta cubierta se sustituye por otra a dos aguas que ya queda patente en el dibujo de Van Der Winjgaerde. Esta segunda cubierta es la que se denomina "falsa" en los documentos de 1472 y 1529, y respeta la línea superior del imafronte, quedándose por debajo de su envolvente. A finales del siglo XIX o principios del XX, esa cubierta se peralta al sustituir el sistema de apoyo que pasa de descargar sobre las bóvedas a hacerlo sobre los muros laterales mediante una cercha mixta de madera y hierro, existente en la actualidad.⁴⁷

En 1733 se encarga a cuatro albañiles y un maestro cantero que estudien el estado de la iglesia, dicho informe se retoma en 1739 cuando la junta de parroquianos ve la necesidad de reparar la nave de la iglesia debido al gran riesgo de ruina. En 1740 se licitan las obras de renovación en el templo, por contrato firmado el 17 de septiembre con Felipe Rubio; entre ellas estaban las tareas de derribar el campanario antiguo (que finalmente se demolió en 1742).⁴⁸ En esta intervención además se dobla la bóveda y mutila las basas y arranques de soportes, según explica Gay dos siglos después. En 1760 existen capitulaciones referentes a la obra del púlpito. Es en 1784 cuando ya se habla del mal estado de los arcos de la Iglesia. Un año después, en 1785, se termina la portada adintelada del imafronte en estilo clasicista, obra del arquitecto Vicente Marzo. Avanzado el siglo XVIII se construyó la capilla dedicada al Sacramento que se levantó ampliando el tercer absidiolo desde el lado del Evangelio.

⁴⁷ _ Casar, 2001.

⁴⁸ _ Cruilles, 1979, 12.

Imagen 3.5_

Fotografía de la cubierta del presbiterio tras el impacto de una bomba durante la guerra civil. Restos del pavimento cerámico en espina de pez de la cubierta plana inicial y la bóveda de piedra trasdosada en el interior por la decoración neoclásica.

Elaboración_

Luis Gay Ramos. 1952.

En 1867, según inscripción en la bóveda superior del campanario, se renovó el remate del mismo sin precisar el alcance de la intervención, se supone que se refiere al revestimiento exterior de teja del cupulín superior.

El templo perdió su condición de parroquia y se trasladó a la iglesia del convento de San Agustín en 1902. Se realizaron intervenciones de menor importancia como la de 1914 en la que el relojero José Gómez colocó el reloj en la torre campanario. El templo sufrió graves desperfectos durante la guerra civil de 1936-39. Es entonces cuando la iglesia pasó a depender de la Hermandad de Sacerdotes Operarios Diocesanos del Sagrado Corazón de Jesús, quien decidió restaurarla en 1950.

El arquitecto Luis Gay Ramos llevó a cabo su reconstrucción entre 1951 y 1963. Más tarde, entre 2001 y 2004, José Ignacio Casar Pinazo vuelve a intervenir en el templo con la restauración del campanario y las fachadas de la iglesia. Estas intervenciones han sido recopiladas en esta investigación y se presentan en el capítulo 5.2.

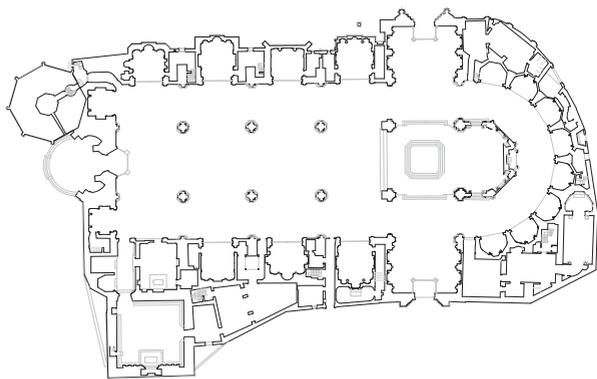


Imagen 3.6_

Planta de la Catedral. Pueden observarse las numerosas diferencias que Santa Catalina tiene con ella. La única similitud es su girola, con desarrollo pentagonal, dos capillas radiales por cada tramo y un pilar en su eje de simetría.

Elaboración_

Plan Director. 2000.

3.1 SU RELEVANCIA HISTÓRICA

El templo de Santa Catalina ha sido muy comparado con la Catedral de Valencia, hecho que ya le confiere una especial importancia a esta iglesia. El remate en la cabecera de la Iglesia de Santa Catalina posee una particularidad muy poco frecuente: el diseño de su girola. Numerosos autores, entre ellos Garín Ortíz y Juan Vidal, han comparado la disposición en planta poco común de la girola de Santa Catalina con la girola de la Catedral. El diseño de este elemento arquitectónico con un número par de capillas radiales obliga a situar un pilar en el eje de simetría, lo cual era bastante inusual en este tipo de construcciones ya que solían contar con una capilla como centro de la simetría:

*“Sin embargo, de entre todas las parroquias góticas primitivas de Valencia, sólo la de Santa Catalina presenta la particularidad de rodear la cabecera con girola, de modo que el templo tiene tres naves correspondientes a la prolongación del deambulatorio a lo largo de los flancos de la nave central. Girola, que, como la de la Catedral tiene número par de capillas radiales, por lo que en su centro o eje tiene un pilar.”*⁴⁹

Otras fuentes consultadas, como por ejemplo Pingarrón y Gay, van más allá y consideran que la Iglesia de Santa Catalina es el único templo de la ciudad que imita la estructura de la Catedral adaptándose a una escala menor, con la excepción de no presentar crucero. Afirman que su inspiración no sólo se basa en la planta sino también en su composición en alzado: la disposición de vanos, arcos y columnas adosadas y todo ello con una concepción muy desornamentada:

“La iglesia gótica de Santa Catalina Mártir, edificada a lo largo del siglo XIV, fue la única conocida de la ciudad de Valencia que reflejó en su diseño parcialmente la estructura de la catedral de la misma ciudad, adaptada a una escala reducida, con la salvedad

⁴⁹ _ Garín, 1983, 186-189.

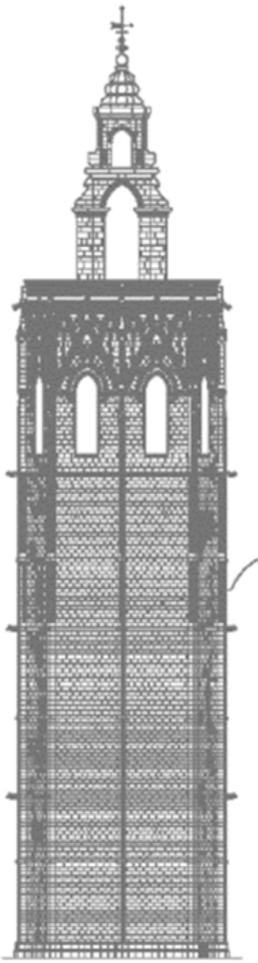
de la falta de crucero. Pero igualmente de tres naves, si bien estuvo incompleta la del Evangelio, y con deambulatorio de cinco tramos pentapartitos. La concepción desornamentada en alzado del gótico de este templo refleja también la arquitectura del templo mayor de Valencia en cuanto a la disposición de vanos, arcos y columnillas adosadas. Las desigualdades se concretizan asimismo en la escala.”⁵⁰

En mi opinión, tras analizar compositivamente los dos templos, considero que el único elemento que puede encontrarse en Santa Catalina imitando al de la Catedral es la girola. Por lo demás, la planta de una iglesia y otra no tienen nada en común: presentan orientaciones distintas en su planta y responden a una escala diferente, además las proporciones de los tramos de la nave central varían de un templo a otro y debe añadirse también las asimetrías en la planta de Santa Catalina debido a la falta de capillas laterales y el giro de sus contrafuertes. Otra diferencia es la ausencia de crucero en este templo y la diferencia en la disposición del campanario. Lo que si sabemos es que ambas construcciones responden al estilo gótico mediterráneo y poseen particularidades propias que las convierten en un ejemplo de arquitectura religiosa interesante para ser estudiado desde el punto de vista constructivo y estructural.

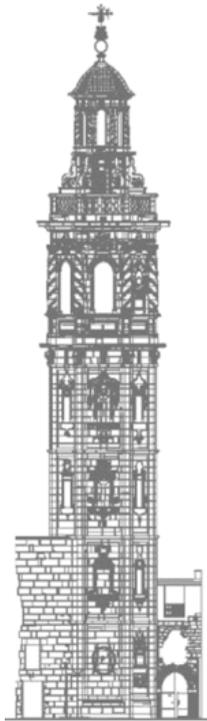
El campanario es otro elemento singular y muy característico de la Iglesia de Santa Catalina. Este elemento arquitectónico adquiere una gran importancia por sus proporciones, también desde un punto de vista urbanístico y por último por su estilo.

Según el estudio realizado en el capítulo 1.3 de esta tesis, donde se analizan las parroquias de origen medieval localizadas intramuros de la ciudad y cuyas características más relevantes se han plasmado en la elaboración de las fichas, se concluye que el campanario de Santa Catalina es el segundo más alto de la ciudad de Valencia, con 55 metros de altura, por detrás del Miguelete (68 m). Está seguido de cerca por San Andrés (50

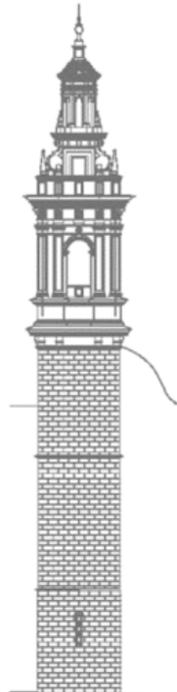
⁵⁰ _ Pingarrón, 2002, 11.



C_ 68 m



SC_ 51 m



SA_ 50 m

Imagen 3.7_

Alzado de las torres campanario más elevadas de la ciudad de Valencia pertenecientes a iglesias de origen medieval intramuros. No se grafían San Esteban, San Martín ni El Salvador ya que sus alturas son inferiores a 40 metros.

Elaboración_

De la autora. 2015.

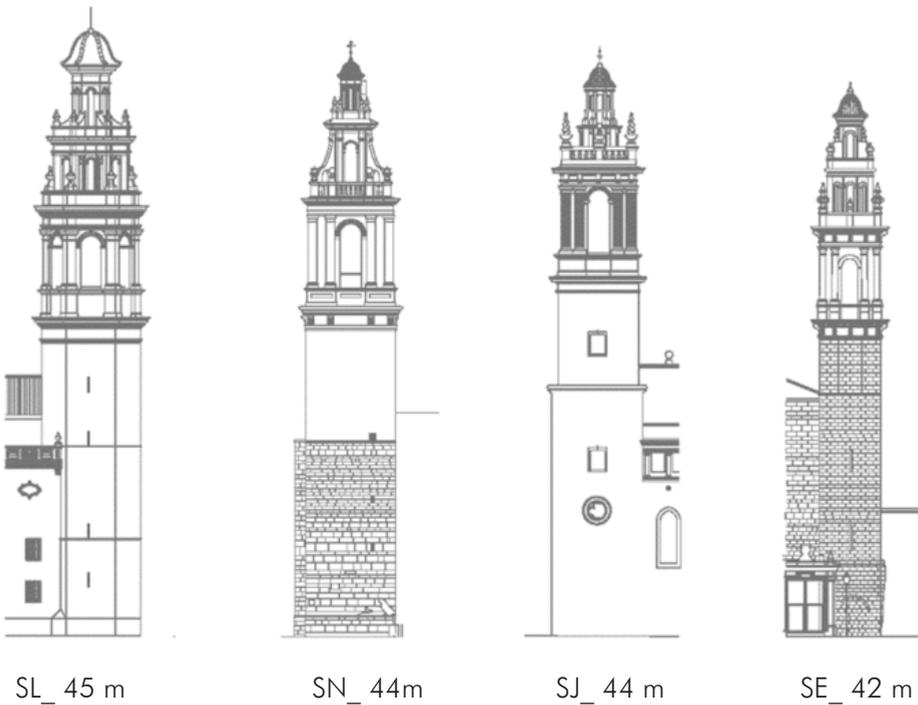




Imagen 3.8_

Plano de nuevas líneas para la reforma del interior de Valencia. Proponía la prolongación de la Calle de la Paz hasta la Plaza del Mercado Central, para ello demolía la Iglesia de Santa Catalina y dejaba exenta su torre campanario.

Elaboración_

Javier Goerlich. 1929.

m), San Lorenzo (45 m), San Nicolás (44 m), los Santos Juanes (44 m), San Esteban (42 m), San Martín (38'40 m), San Bartolomé (35 m) y El Salvador (25 m). Además la planta de la torre de Santa Catalina tiene 25 metros de perímetro exterior, una cantidad algo inferior a la mitad de su altura.⁵¹ Considerando la relación entre su altura y anchura, se puede afirmar que la torre es la más esbelta de la ciudad en su parte exenta. Cabe destacar que la torre está conectada con la iglesia únicamente en los 14 metros inferiores del fuste, contando con los otros 41 metros superiores completamente exentos. Estas características la convierten en objeto de análisis de su comportamiento estructural especialmente interesante. En palabras de Martínez Aloy y Garín Ortíz:

*“La torre de Santa Catalina supera a todas las de su género en altura, elegancia y gallardía.”*⁵²

*“Suya es la más esbelta y airosa de las torres valencianas, según palabras de E.Tormo”*⁵³

Otro hecho que convierte la Iglesia de Santa Catalina y su campanario en un edificio de especial importancia es que este edificio fue capaz de parar un proyecto urbanístico en 1929 que pretendía demoler el templo y dejar la torre exenta con el objetivo de prolongar la actual Calle de la Paz hasta el Mercado Central:

⁵¹ Recordemos la regla clásica de construcción de campanarios que recomendaba realizar torres con una elevación igual al perímetro de su planta, regla que cumple por ejemplo El Miguelete. El campanario de Santa Catalina es bastante posterior (1688-1705), no es de extrañar que asuma más riesgo en su construcción. Otras publicaciones con recomendaciones para la construcción de torres campanarios son “Las Advertencias para los edificios y fábricas de los templos” del sínodo del arzobispo de Valencia Isidoro Aliaga (1631) y “Arte y Uso de la Arquitectura” (1633) de Fray Lorenzo de Nicolás.

⁵² Martínez, 1923, 810.

⁵³ Garín, 1983, 186-189.

Imagen 3.9_

Proyecto de ensanche de la Plaza de la Región (ahora plaza de la Reina) y prolongación de la calle de la Paz hasta las Torres de Quart. En 1942 se inicia su tramitación pero no se aprueba evitando el derribo de la iglesia de Santa Catalina.

Elaboración_

Javier Goerlich. 1935.



“La torre barroca de la iglesia constituye un episodio de tal fuerza arquitectónica, estilística y constructiva que, aún integrada en la fábrica del templo, fue objeto en su momento, 1981 y aún en 1938, de valoración patrimonial y consecuente declaración expresa. Es necesario aclarar que la excepcionalidad del actual emplazamiento de la torre, responde a un cambio de criterio, pues el urbanismo devastador de los centros históricos que acompañó a la pretendida corriente higienista de principios del siglo XX, tenía previsto la eliminación de la torre y de la iglesia y la prolongación de la actual calle de la Paz, hasta llegar a la fachada lateral de la Lonja y, en suma, a la plaza del Mercado. Así pues estamos ante un edificio capaz de parar un proyecto urbano, mérito que hoy aparece disfrazado de pretendido embellecimiento beaux-arts.”⁵⁴

Al campanario de Santa Catalina Bérchez le confiere otra misión urbanística de gran relevancia. Por su ubicación estratégica, el campanario se convierte en el fondo de perspectiva de la Calle de la Paz, una de las calles más relevante en la ciudad:

“Testimonios de una memoria histórica que no termina en el propio edificio, como es evidente en el caso del campanario, reutilizado visualmente como punto focal en uno de los hitos más brillantes del urbanismo moderno, el trazado de la calle de la Paz.”⁵⁵

Una última característica que convierte en relevante este campanario tiene que ver con su estilo y la expresión que del barroco se hace en él, incorporando la columna salomónica en la torre, hecho inédito hasta el momento:

“La columna salomónica, manifestación extrema del dinamismo barroco, parece que fue introducida por Joan Bautista Viñes, que la aplicó a la decoración del campanario octo-

⁵⁴ _ Casar, 2001.

⁵⁵ _ Bérchez, 1995, 112.



Imagen 3.10_

La Calle de la Paz desde la sala de campanas del campanario de Santa Catalina. En primer plano, se muestra la Plaza de la Reina. Esta torre es un hito arquitectónico que está ubicado como fondo de perspectiva de la Calle de la Paz.

Elaboración_

De la autora. 2014.

gonal de Santa Caterina (1688), obra maestra del barroco valenciano.”⁵⁶

Es importante mencionar que las distintas intervenciones que ha sufrido el templo han sido con el objetivo de lograr que su riqueza arquitectónica se mantenga a lo largo de los años. Los historiadores destacan la ausencia de arbotantes en la nave central, característica que le confiere mayor interés desde el punto de vista estructural ya que es un ejemplo de iglesia con un estudiado comportamiento frente a sismo propio de los templos del gótico mediterráneo.

Todos estos motivos convierten a la Iglesia de Santa Catalina y a su campanario en un tema muy interesante de estudio desde el punto de vista de su comportamiento constructivo y estructural. Es por esta razón que el análisis de este templo de gran relevancia histórica se convierte en objeto fundamental de esta tesis doctoral.

3.2 PROBLEMAS ESTRUCTURALES DE SU EVOLUCIÓN CONSTRUCTIVA

Según los autores que defienden la hipótesis de que Santa Catalina fue en su origen una iglesia de una única nave en la que más tarde se perforaron los contrafuertes para formar las naves laterales, justifican en este vaciado la aparición de problemas estructurales en el edificio. A esto añaden que las sucesivas restauraciones que sufrió el edificio y su transformación en un templo clásico, para lo cual se ocultó la decoración gótica con decoración barroca y neoclásica, aportaron un peso excesivo e inesperado a la estructura. En los siguientes textos Martínez Aloy y Bérchez explican su versión del problema: *“A principios del siglo XIV obtuvo una importante ampliación y dos siglos más tarde, en época todavía del Renacimiento puro, fue transformada en un templo clásico, de tres naves con girola y por lo tanto claustral, ocultando la bóveda gótica con un pesado cascarón que es un peligro permanente de ruina. Otras restauraciones, en especial la de*

⁵⁶ Sanchis, 1999, 204. Quizás sea producto de un error de escritura, pero es importante recordar que el campanario de Santa Catalina es hexagonal y no octogonal como señala el texto.

Imagen 3.11_

Decoración barroca en el interior de la Iglesia de Santa Catalina, concretamente la imagen muestra los dos últimos tramos de la nave central por sus pies. Muchos historiadores consideran que este revestimiento añadía un peso excesivo a la estructura.

Elaboración_

Luis Gay Ramos. 1953.



*1785, introdujeron los elementos barrocos que sobrecargan la anterior decoración.”*⁵⁷

*“Los problemas estructurales derivados del vaciado de los contrafuertes empiezan a hacerse patentes en 1529”*⁵⁸

Otra curiosidad que les llama la atención a los historiadores es la ausencia de arbotantes en la nave central y su sustitución por contrafuertes. Desconocen el comportamiento estructural de los diafragmas, que se explicará más adelante, por eso no llegan a entender cómo se realiza la transmisión de cargas con este curioso diseño estructural y justifican de este modo los daños aparecidos en la iglesia. Bérchez y Garín Ortiz lo comentan en los siguientes textos:

*“... graves problemas estructurales que han perdurado hasta nuestros días, ya que los estribos apean directamente sobre los arcos fajones de la nave y no sobre arbotantes, como hubiera sido necesario y a buen seguro se hubiera practicado si la fábrica hubiese sido de nueva planta.”*⁵⁹

“Demuestra también la efectividad de este proceso, en la mente del arquitecto, el no haber utilizado arbotantes para la descarga de la enorme bóveda principal, faltando a lo que la pluralidad de naves y el peso de la gran crucería reclamaban; habiendo querido suplir la función de aquéllos con pesados contrafuertes, levantados sobre los arcos fajones de las naves laterales, insuficientes éstos para tamaños esfuerzos y, por ello, precisamente, ya seriamente resquebrajados y amenazantes de ruina para toda la fábrica. Por el contrario, en la girola, han sido construidos los estribos sobre auténticos arbotantes, siquiera de forma muy extraña, y lo acertado y lógico de la solución garantiza

⁵⁷ _ Martínez, 1923, 810.

⁵⁸ _ Bérchez, 1995, 108.

⁵⁹ _ Bérchez, 1995, 106

Imagen 3.12_

Perspectiva de la cubierta de la nave central tomada desde la sala de campanas de la torre campanario. Se observa la ausencia de arbotantes y su sustitución por robustos contrafuertes que se prolongan en altura al exterior de la nave lateral.

Elaboración_

De la autora. 2014.



la estabilidad de esta parte, más afortunada, del templo.”⁶⁰

“En diciembre de 1949 se realizó un “proyecto de obras de reparación y restauración de la iglesia de Santa Catalina”, obra del arquitecto diocesano D. Vicente Traver Tomás, proyecto que siguió adelante cuando al acogerse esta iglesia a la extinguida Dirección General de Regiones Devastadas en 1951, fue encargado al arquitecto D. Luis Gay Ramos el “proyecto de la primera fase de reconstrucción del templo de Santa Catalina”, en diciembre de 1952. Ambos proyectos partían de la base de realizar una obra que devolviese a la iglesia su primitivo estilo gótico, para lo cual se despojó a los muros de todo el ropaje barroco y neoclásico, y sobre todo se abordó el problema de su cobertura, puesto que al no descargar el peso de la nave central sobre arbotantes sino sobre muros levantados sobre las naves laterales, presionaba a éstos excesivamente, deformándolos hacia el interior de la nave central.”⁶¹

Un último motivo que añade Luis Gay además de señalar que la decoración barroca transmitía un peso excesivo y que la iglesia no contaba con una cimentación adecuada es el giro que algunos contrafuertes sufren, como explica a continuación:

“Como consecuencia de todo ello preveemos que la causa primordial del estado de ruina de la estructura en las zonas denominadas obedece: 1º- A la defectuosa disposición de los contrafuertes en la parte de la Epístola, que hace que su dirección desviada de la de los arcos fajones de la nave central no absorba el empuje de éstos tal como aparece en la sección ideal estudiada y la descompone sobre los paramentos de la nave central que en esta zona se hallan abiertos y con la cornisa rota por distintos puntos.”⁶²

⁶⁰ Cruilles, 1979, 14-15.

⁶¹ Garín, 1983, 186-189.

⁶² Gay, 1950-1966.

Imagen 3.13_

Perspectiva de la iglesia representando su situación actual, con la intervención de Casar incluida. Muestra el rebaje de la cubierta a dos aguas en su primera crujía a los pies. Bajo la cubierta de la nave central se ven las cerchas metálicas.

Elaboración_

De la autora. 2015.

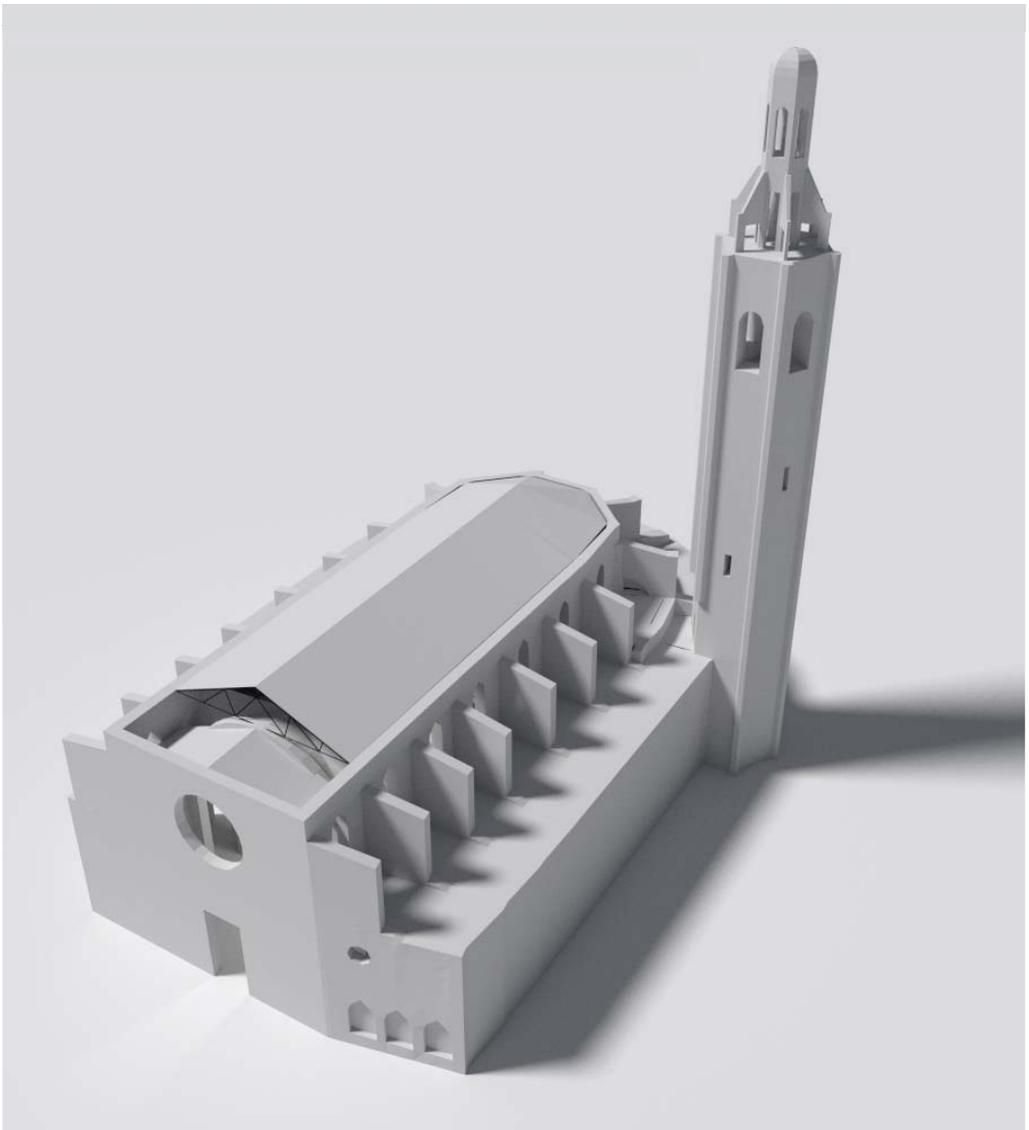


Imagen 3.14_

Perspectiva del estado actual de la iglesia eliminando la cubierta a dos aguas para mostrar las cerchas metálicas sobre la nave central, la ausencia de enjutas y el sistema de abovedamiento. En las capillas y naves laterales, tabiquillos y cubierta plana.

Elaboración_

De la autora. 2015.

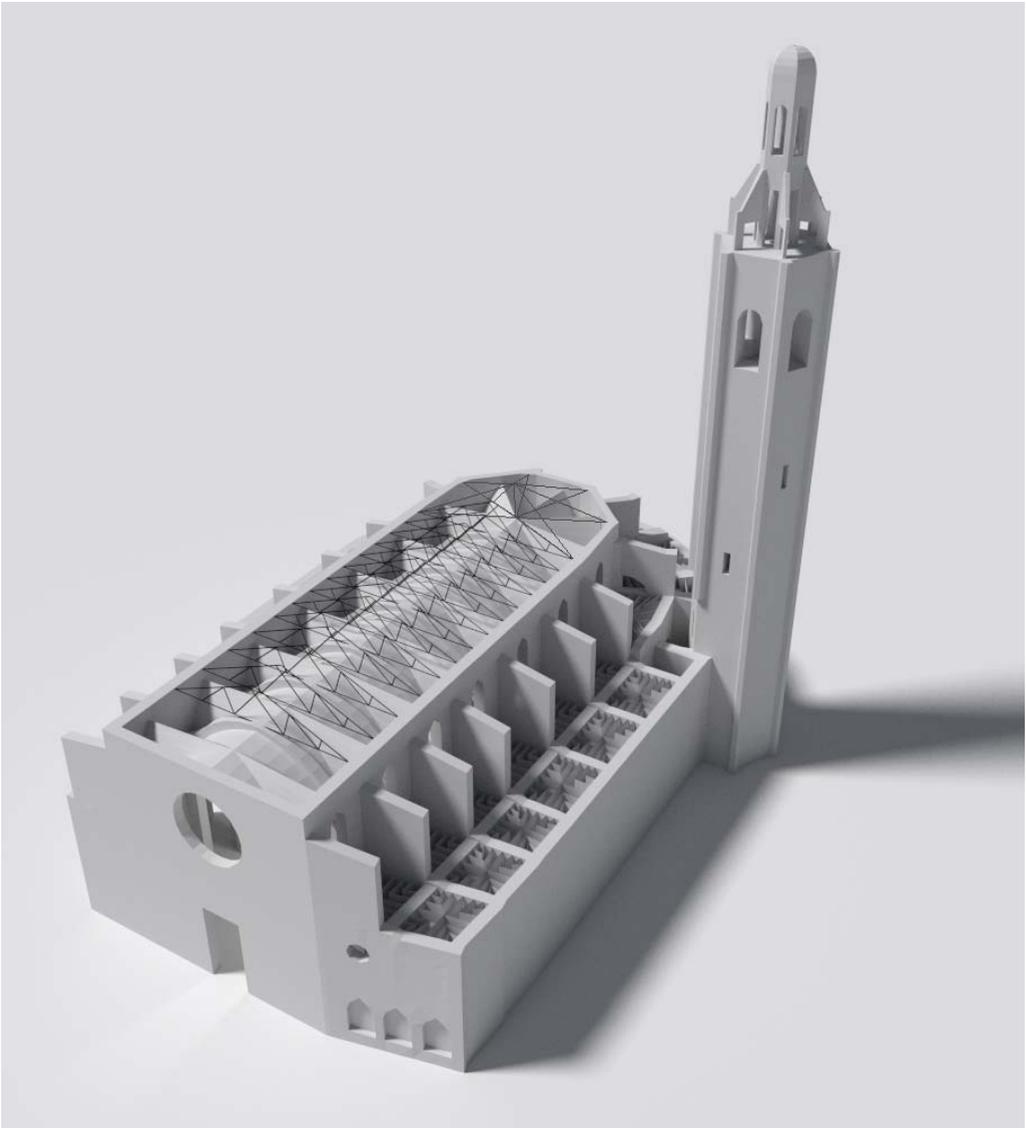
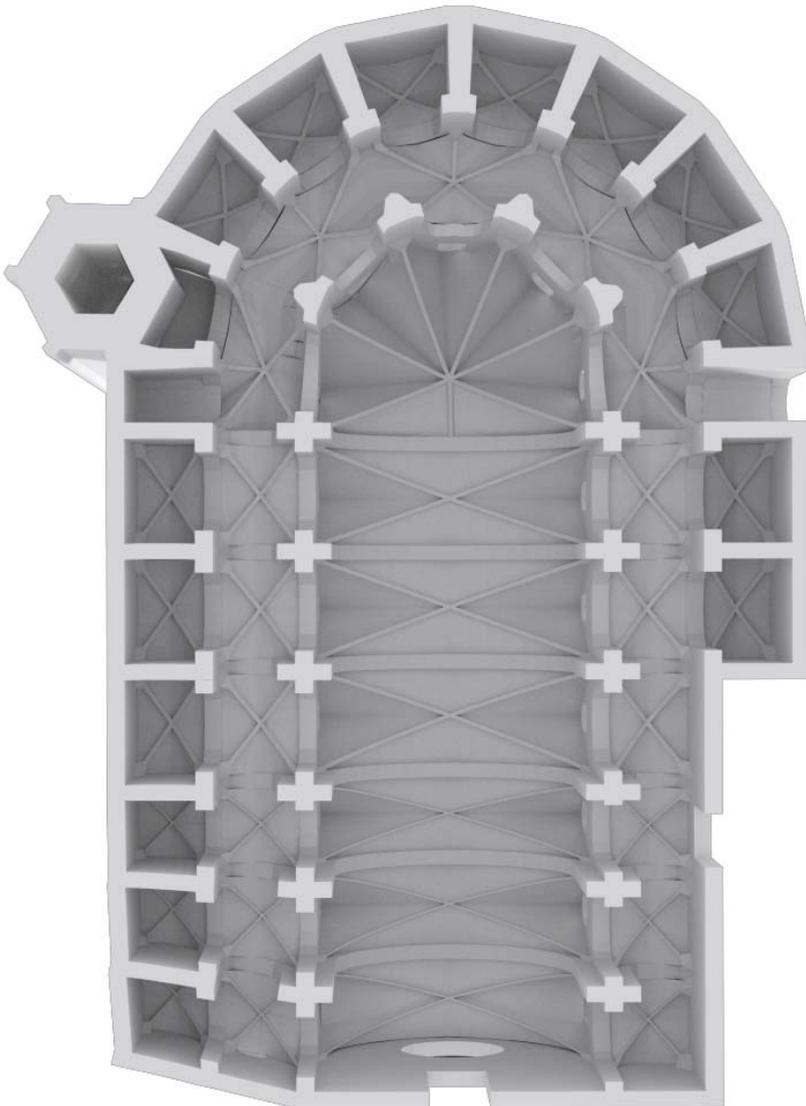


Imagen 3.15_

Planta cenital del conjunto de la iglesia. Se representan los nervios y las bóvedas de crucería que cubren todos los espacios. Destaca la asimetría respecto al eje longitudinal y el giro de los contrafuertes de la Epístola próximos a Lope de Vega.

Elaboración_

De la autora. 2015.



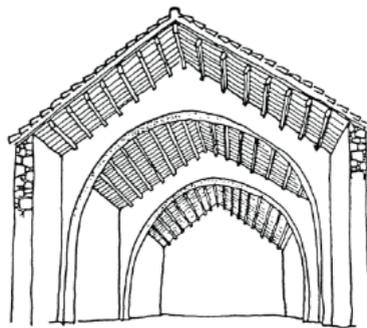
4. ANTECEDENTES

Imagen 4.1_

Esquema de una nave con arcos diafragma y cubierta de madera a dos vertientes, sistema de fácil montaje y ligero, comparado con los abovedados. Este sistema se ha venido a llamar "Iglesias de Reconquista" (según Zaragoza, 1990, 370).

Elaboración_

Zaragoza, 1990, 52



4.1 CONSTRUCTIVO- ESTRUCTURALES

El análisis constructivo y estructural de la Iglesia de Santa Catalina requiere hacer mención a la Tesis doctoral de Arturo Zaragoza Catalán titulada "Arcos Diafragma y Armadura de Madera en la Arquitectura Medieval Valenciana".

La tipología constructiva de arcos de diafragma⁶³ con cubierta de madera es muy común en las iglesias de la Valencia medieval. Zaragoza hace una catalogación de más de un centenar de iglesias en las que identifica las características formales y realiza un profundo análisis constructivo del tipo, que constituye la base de un estilo arquitectónico. Describe los materiales y las técnicas de construcción definiéndolo como un sistema estructural elemental y racional, pero sin analizar el comportamiento mecánico de éste. Entre las ventajas más mencionadas de este sistema frente al abovedado se encuentran la rapidez de montaje y su ligereza, sin embargo Zaragoza añade otra importante:

"Respecto a las cubiertas de madera sin arcos aumenta la estabilidad de las fábricas al atar los muros perimetrales, de trecho en trecho, con los arcos diafragmas...Dota a la nave de mayor monumentalidad y profundidad, ya que éstas son producidas por la sucesión de muros perforados por los arcos. Puede, incluso, construirse como solución provisional a la espera de dotar con bóvedas de fábrica al edificio. En tal caso, las bóvedas pueden realizarse, de forma cómoda, a cubierto, teniendo únicamente la previsión de suplementar los arcos diafragma con contrafuertes que contraresten los futuros empujes." ⁶⁴

En su investigación explica la dificultad de identificar esta tipología en las iglesias tal y como las conocemos actualmente debido a las sustituciones, cambios e intervenciones que han ido sufriendo a lo largo de los años. Así comenta las encontradas en la ciudad

⁶³ "Etimológicamente la voz diafragma viene del griego "diaphrágma" que significa separación, barrera, obstrucción. Llamamos arcos diafragma aquellos que, como su nombre indica, estrechan la nave en la que se sitúan. De hecho pueden considerarse, igualmente, como muros perforados por arcos situados transversalmente a la nave. La techumbre o armadura descansa sobre estos muros." Zaragoza, 1990, 12.

⁶⁴ _ Zaragoza, 1990, 13.

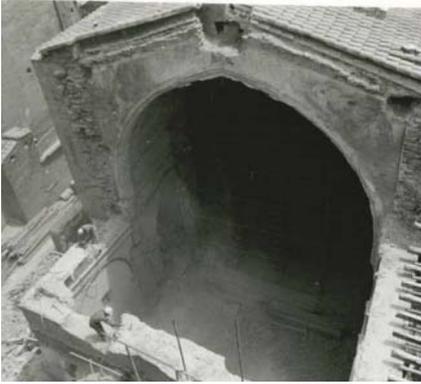


Imagen 4.2_

Iglesia de San Juan del Hospital (Valencia). Durante la demolición del testero de la iglesia entre los años 1970-1972 el arco diafragmático quedó a la vista. Se trata de un sistema híbrido formado por arco diafragmático y bóveda de cañón.

Fuente_

García, 2010, 118.

de Valencia:

“La dificultad de encontrar noticias sobre los tipos originales se ve aumentada por las sustituciones y enmascaramientos que volvieron a sucederse en los siglos XVII y XVIII. De las numerosas iglesias que se construyeron en época de la colonización en la ciudad de Valencia, únicamente nos han llegado tres mostrando su tipo original: la Catedral, la importante parroquia de Santa Catalina y la Iglesia de la orden militar de San Juan del Hospital. Las tres están cubiertas con bóvedas. No obstante el carácter excepcional de las tres iglesias las hace poco representativas para saber como debieron ser las demás.”⁶⁵

En la imagen superior se muestra la Iglesia de San Juan del Hospital en Valencia, un claro ejemplo de “sistema híbrido”⁶⁶. En este ejemplo la bóveda utilizada es de cañón, en cambio en la Catedral se utiliza la bóveda de crucería junto con el sistema diafragmático. En cuanto a la tercera iglesia que menciona Zaragoza, y que nos atañe en esta tesis doctoral, la Iglesia de Santa Catalina, toda la valiosa documentación gráfica aportada por José Ignacio Casar Pinazo y realizada durante su intervención en la iglesia muestra la inexistencia actualmente de esos arcos diafragmas. Si bien es cierto que en ciertas imágenes puede intuirse su existencia original. Es probable que con las intervenciones sufridas a lo largo de los años esta parte importante de su sistema estructural se haya perdido.

Un punto muy interesante que añade en su estudio (y al que más tarde Cassinello dará respuesta) es que este tipo de arcos diafragmáticos se encuentra en distintas zonas de España (Cataluña, Aragón, Valencia, Mallorca, Murcia, norte de Sevilla, Sur de Extremadura y Granada), sur de Francia (Languedoc) e Italia (Lombardía, Lacio, Umbría). María Josefa Cassinello da un paso más e introduce en sus estudios de esta tipología de arcos diafragma el comportamiento estructural de una manera cualitativa, sin llegar a utilizar métodos numéricos, relacionando su racionalidad constructiva con su respuesta frente a sismo.

⁶⁵_ Zaragoza, 1990, 156.

⁶⁶_ Llopis, 2014, 172. Terminología empleada en la tesis doctoral de la profesora Verónica Llopis Pulido para referirse al esquema basado en la unión del sistema diafragmático y del abovedado.

Imágenes 4.3 y 4.4_

Superior: Esquema estructural del Gótico Mediterráneo.

Elementos característicos: diafragmas o muros perforados por arcos.

Inferior: Esquema estructural del Gótico Centroeuropeo.

Elementos característicos: arbotante, arco ojival, pináculo.

Fuente_

Llopis, 2014, 185.



Imágenes 4.5 y 4.6_

Iglesia de Santa Catalina:
Superior: Cubierta desmontada durante su intervención.
Ausencia actualmente de diafragmas aunque un machón sobre el arco fajón parece indicar que existieron.
Inferior: Cata sobre arco fajón en el seno de la bóveda.

Fuente_

José Ignacio Casar, 2002.



Imagen 4.7_

Restitución del arco diafragma sobre el arco fajón en el tramo de los pies de la Iglesia de Santa Catalina, único tramo en el que se actuó rebajando el nivel de la cubierta en esa zona. El resto de arcos fajones no presentan diafragmas en la actualidad.

Fuente_

José Ignacio Casar, 2002.



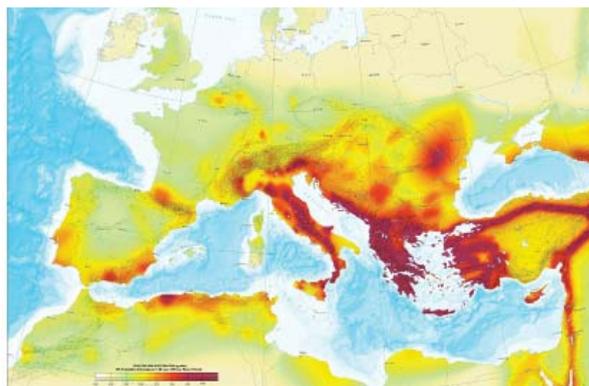


Imagen 4.8_
European-Mediterranean seismic hazard map. En el mapa se localizan las zonas de mayor sismo sísmico en los países del mediterráneo, marcándose las zonas más castigadas en color rojo-marrón.

Fuente_
European Seismological Commission, 2003.

En su tesis doctoral presentada en 2003 y titulada “Trazado y Estabilidad de la Arquitectura Gótica”, se cuestiona la existencia de tipologías distintas dentro del Gótico español. Por una parte catedrales como la de León o Burgos más parecidas a las catedrales de Reims, Amiens o la iglesia de la Sainte-Chapelle de París (edificios que responden a las características del Gótico Centroeuropeo) y, por otra parte, las catedrales de Almería, Barcelona o Sevilla (edificios que responden a las características del Gótico Mediterráneo). Clasifica las catedrales góticas españolas según dos grupos: Tipo A (bajo grado de enjutamiento⁶⁷) y Tipo B (grado de enjutamiento elevado), y además superpone su localización con el mapa de peligrosidad sísmica, llegando a una conclusión:

“La superposición que he realizado de la localización de las principales catedrales góticas españolas sobre el mapa de peligrosidad sísmica actual, una vez clasificadas en Tipo A y Tipo B, confirma el hecho de que todas las situadas en zonas de alta sismicidad corresponden al Tipo B mientras que las situadas en zonas de baja sismicidad pertenecen al Tipo A, pudiendo afirmarse que la arquitectura gótica española contó en su trazado con claros criterios de “racionalidad sísmica” construyendo tipos estructurales muy diferentes en cada zona geográfica en base a la experiencia acumulada por los maestros medievales sobre los problemas de estabilidad frente los movimientos sísmicos acaecidos siglos atrás.”⁶⁸

Estos dos tipos los subdivide además en cuatro subtipos atendiendo al número de naves, decalaje entre la altura de las claves de las naves y la posición y tipo de los elementos de contrarresto. Precisamente analizando el contrarresto, concluye que las catedrales Tipo B no suelen tener arbotantes o, si tienen, éstos pertenecen al entramado murario de enjutas ortogonal que arriestra todo el edificio frente a sismo. Los contrafuertes en el Tipo B se sitúan en el interior, de modo que:

“la posición interior de los estribos es una característica intrínseca del Tipo B, en el que se consigue mayor arriostamiento de la volumetría del conjunto de la catedral al incluir

⁶⁷ _ Enjuta: es la superficie delimitada por el extradós de un arco y el alfiz que lo enmarca. Por extensión se puede llamar enjutas a las superficies angulares curvas comprendidas entre el arco y un rectángulo imaginario que lo contenga. Cassinello se refiere con este término a los diafragmas.

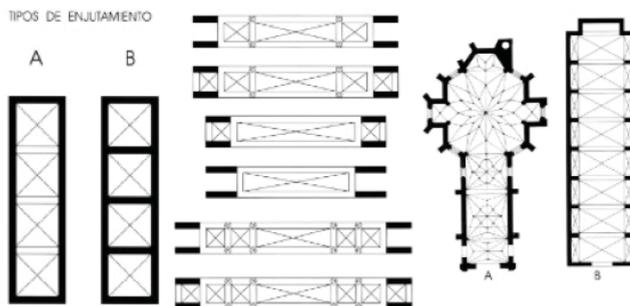
⁶⁸ _ Cassinello, 2005, 253

Imagen 4.9_

Clasificación de las catedrales góticas españolas en función del grado de arriostramiento (enjutamiento) de su esqueleto pétreo. Considera la existencia de enjutas, el número de naves y la relación entre sus alturas y el contrarresto y su ubicación.

Fuente_

Cassinello, 2004, 53



capillas interiores entre los contrafuertes, de tal forma que sus bóvedas de crucería aportan un incremento de peso estabilizador en los contrafuertes y se constituyen en importantes diafragmas de arriostramiento longitudinal de la catedral, reduciendo la esbeltez de los contrafuertes...”⁶⁹

Otra característica propia del Tipo B son las cubiertas originales aterrazadas en lugar de inclinadas. Además de justificaciones como la buena climatología de la zona, Cassinello defiende la existencia de una razón común de carácter estructural: construir el tipo de cubierta que resulta más estable frente a sismos.

Respecto a las bóvedas de crucería, en las catedrales Tipo B comenta que son menos esbeltas y masivas y reciben la carga de la cubierta aterrazada directamente sobre el extradós canalizando los empujes a los cuatro puntos extremos, sin embargo los nervios de la bóveda actúan como marco rígido de arriostramiento soportando mejor los esfuerzos de sismo:

“Las bóvedas así ejecutadas resultan más pesadas y producen mayores empujes aunque son más estables frente a terremotos que los esbeltos plementos pétreos con las que generalmente se ejecutaron las bóvedas en las catedrales Tipo A.”⁷⁰

Las catedrales situadas en zona de riesgo sísmico suelen reunir las siguientes características:

“Su volumetría corresponde a cajas cerradas compactas en las que desaparecen las “alas espaciales” que generan las plantas en forma de cruz, desaparecen cuerpos esbeltos salientes como son las cubiertas inclinadas y aparecen las terrazas planas. En definitiva, se eliminan los elementos que, caso de terremoto, entrarían en secuencia de vibración diferente a la masa de la catedral, desplomándose sobre ésta y arrastrando a la ruina a la catedral al perderse la estabilidad de su conjunto.”⁷¹

⁶⁹ Cassinello, 2005, 254

⁷⁰ Cassinello, 2005, 256

⁷¹ Cassinello, 2005, 15

GRADO DE ENJUTAMIENTO NAVE CENTRAL	TIPO	NAVES Nº / RH	SISTEMA DE CONTRARRESTO POSICIÓN
FORMERAS A CUBIERTA INCLINADA	I	1	C I – NO ARBOTANTES
	II	3 / hHh	C E – ARBOTANTES
	III	3 / HHH	C E – NO ARBOTANTES
	IV	5 / hhHhh	C E – ARBOTANTES
FORMERAS Y FAJONAS B CUBIERTA ATERRAZADA	I	1	C I – NO ARBOTANTES
	II	3 / HHH	C I – NO ARBOTANTES*
	III	3 / hHh	C I – NO ARBOTANTES*
	IV	5 / hhHhh	C I – ARBOTANTES

C I – Contrafuertes interiores
HHH – Tres Naves de mayor altura la central
* Existen algunos casos con arbotantes

C E – Contrafuertes Exteriores
HHH – Tres naves de la misma altura

Imagen 4.10_

Clasificación que Cassinello hace de las catedrales Góticas Españolas según sus tipos estructurales: Tipo A (con grado de enjutamiento bajo) y Tipo B (con grado de enjutamiento elevado). Además los subdivide en cuatro subtipos cada uno.

Fuente_

Cassinello, 2004, 53

La manera de construir las catedrales góticas estaba fuertemente influenciada por los sismos históricos ya que los maestros medievales aún tenían recientes los últimos terremotos. Cassinello hace una mención especial al olvido que se ha producido de los motivos que generaron este tipo estructural y las intervenciones posteriores realizadas sobre las catedrales sin considerar el efecto del sismo, cambiando la tipología de las cubiertas e incluso mutilando los entramados de enjutas por ignorancia de su importante función estructural:

“Se olvidaron muy pronto el resto de las razones estructurales y constructivas de las catedrales construidas en zonas de alta sismicidad histórica, por esta razón en algunos casos durante sus últimas fases de construcción y reconstrucciones posteriores a la época medieval se inició -sin saberlo- la mutilación de su integridad estable frente a fuertes terremotos, apareciendo en algunas de ellas cuerpos nuevos salientes a modo de alas, nuevas bóvedas no enjutas, huecos que rompen la continuidad de arriostamientos, cubiertas inclinadas. Me pregunto qué pasará en algunas de las catedrales Andaluzas y Catalanas cuando la tierra vuelva a temblar con mucha fuerza tras este largo periodo de olvido.”⁷²

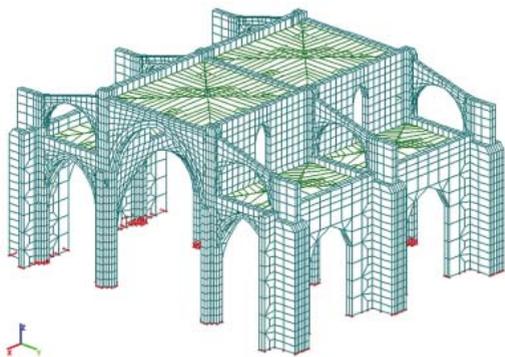
Si aplicamos la clasificación que la profesora Cassinello hace en numerosas catedrales e iglesias a la Iglesia de Santa Catalina, y teniendo en cuenta las imágenes realizadas por Luis Gay donde se intuía una cubierta plana y las de Jose Ignacio Casar en las que se intuyen diafragmas sobre los arcos fajones, podríamos decir que la iglesia objeto de estudio en esta tesis doctoral sería B-III-3/hHh-CI. Es decir, le corresponde un Tipo B por tener arcos diafragmáticos (enjutas), un subtipo III con 3 naves siendo la central de mayor altura (hHh) y sus contrafuertes son interiores con capillas entre ellos.

La profesora Verónica Llopis, en su tesis doctoral titulada “La Catedral de Valencia: Construcción y Estructura. Análisis del Címborio” y presentada en 2014, añade a la evolución del análisis de esta tipología, comenzada por Zaragoza y continuada por Cassinello, el cálculo numérico. Para ello utiliza los métodos más avanzados en la actualidad. Esos datos numéricos nos proporcionan el conocimiento necesario para entender la lógica constructiva y estructural con la que se construyeron este tipo de edificios.

⁷² Cassinello, 2005, 257

Imagen 4.11_

Modelo 1 formado por losa, arbotantes y diafragmas. Realizado por elementos finitos con un total de 22983 nodos, 16516 sólidos, 4352 láminas y 79635 ecuaciones. Se efectúa un análisis modal espectral y un cálculo por pushover.



Fuente_

Llopis, 2014, 221

La tesis doctoral que aborda el estudio de la Iglesia de Santa Catalina se enmarca dentro de la misma línea de investigación iniciada por la profesora Llopis.

El estudio planteado por Llopis consiste en la realización de un modelo 3D del edificio completo objeto de análisis reproduciendo la geometría actual con sus desplomes y deformaciones mediante elementos finitos. Dicho modelo de cálculo sirve para analizar su comportamiento estructural frente a cargas gravitatorias y acciones sísmicas, principalmente, que son las que afectan en mayor medida a este tipo de estructuras. Pueden realizarse varios modelos estructurales reproduciendo las distintas fases constructivas del edificio y analizando numéricamente su evolución a lo largo del tiempo. De este modo podemos cuantificar cómo han afectado en la seguridad y estabilidad las distintas transformaciones estructurales que ha sufrido el monumento desde su inicio.

Así explica Llopis los cinco modelos de cálculo que realiza en su análisis de la Catedral de Valencia:

“Se plantean diferentes modelos según distintos elementos constructivos, el primer modelo de cálculo se corresponde con la actual situación, posterior a la intervención de Ramiro Moya, en la que como hemos comentado en anteriores capítulos se realiza una losa de hormigón armado así como un zunchado perimetral y otro transversal (sobre los diafragmas) en la cubierta original, teniendo en cuenta los arbotantes que garantizan la continuidad de la estructura oculta muraria.

El segundo modelo de cálculo mantiene la losa de hormigón pero prescinde de los arbotantes manteniendo sólo los diafragmas.

En la tercera, cuarta y quinta simulación se elimina la losa de hormigón armado y se combina con y sin los arbotantes y diafragmas.

Por tanto podemos resumir los cinco modelos de cálculo atendiendo a:

Modelo 1_ Losa, con Arbotantes y con Diafragmas.

Modelo 2_ Losa, sin Arbotantes y con Diafragmas

Modelo 3_ Sin Losa, con Arbotantes y Diafragmas

Modelo 4_ Sin Losa, sin Arbotantes y con Diafragmas

Modelo 5_ Sin Losa, con Arbotantes y sin Diafragma”⁷³

⁷³ _ Llopis, 2014, 217.

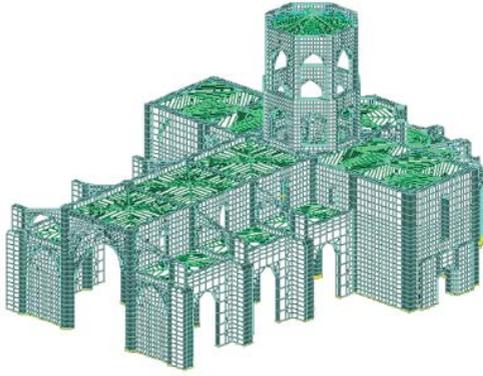


Imagen 4.12_

Modelo global formado por 89068 nodos, 60474 sólidos, 13519 láminas y 299157 ecuaciones. Se realiza un cálculo modal espectral y un análisis dinámico en el tiempo. Con ello se analiza el índice de daño, deformaciones, tensiones...

Fuente_

Llopis, 2014, 290

Con los resultados obtenidos se comprueba que el conjunto formado por las naves, crucero y girola de la Catedral es un volumen muy rígido que responde eficazmente a los empujes horizontales. Sin embargo, el Cimborrio es el elemento débil del edificio.

Para estudiarlo con detalle se recurre al análisis no lineal en el tiempo ya que este método reproduce mejor el comportamiento real de la estructura. Se extraen conclusiones a nivel global del conjunto de la estructura y a nivel particular del cimborrio. Para ello se estudian los patrones de daño y el mecanismo de colapso y se comparan con los terremotos ocurridos en Valencia en 1396 y 1748:

“Los resultados obtenidos en este apartado se refieren a un sismo previsible con un tiempo de retorno de 950 años, traducido a intensidad MSK de VII. Además se ha realizado un análisis dinámico para un terremoto con un tiempo de retorno de 475 años -intensidad MSK de VI-. (...)

Comparamos los resultados del análisis con los seísmos de los años 1396 y 1748. Seleccionamos estos dos porque son los de mayor intensidad registrados en la provincia de Valencia, según los archivos del Centro Geográfico Nacional, considerados de grado IX de intensidad MSK. (...)

Según la documentación histórica de la que disponemos en 1396 sólo estaba construido el primer cuerpo del Cimborrio, pues aparecen escritos que indican que el segundo cuerpo se levanta en los primeros años del siglo XV.

Si la estructura de la Catedral hubiera sido afectada con un movimiento sísmico de tal intensidad, los daños hubieran sido muy severos. Documentalmente se describen una serie de reparaciones en la Catedral después de este terremoto, que indican que los daños no fueron muy extensos.”⁷⁴

En esta línea de investigación se enmarcan los estudios realizados a otros edificios singulares de Valencia, como es el caso de las iglesias de San Juan del Hospital, la de los Santos Juanes y la de Santa Catalina, objeto de esta tesis doctoral.

Las conclusiones obtenidas permitiran plantear intervenciones preventivas que garanticen la estabilidad de nuestro patrimonio arquitectónico frente a la acción de un sismo.

⁷⁴ _ Llopis, 2014, 301.

Imágenes 4.13 y 4.14_

Izquierda: Uso de sacos para la aplicación de cargas a la maqueta colgante (Rubió i Bellver, 1913)

Derecha: Reproducción por Graefe y Tomlow de la maqueta original realizada por Gaudí para la iglesia de la Colonia Güell.

Fuente_

Huerta, 2006 (izqda)

De la autora, 2010 (dcha)



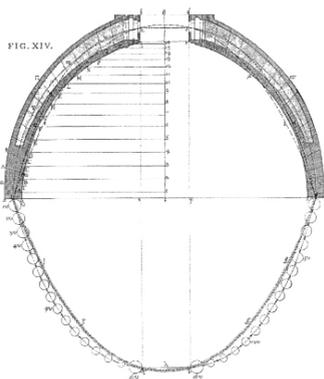
4.2 MÉTODOS DE ANÁLISIS

Las estructuras históricas se construían siguiendo reglas empíricas basadas en relaciones geométricas y proporciones. Intentar reproducir el comportamiento mecánico que tienen estas obras por medio de métodos de cálculo modernos es una tarea complicada. La complejidad estriba, por un lado, en que estos edificios patrimoniales son normalmente de fábrica, que es un sistema estructural muy complejo de modelizar. Por otro lado, la manera en la que fueron diseñadas y construidas estas estructuras es totalmente distinta a la que aplicamos actualmente con la obra moderna. En la actualidad, primero calculamos las estructuras y luego las construimos. Además, en el cálculo, las propiedades mecánicas de los materiales que utilizamos son datos conocidos a diferencia de lo que ocurre con los materiales empleados en el patrimonio histórico. El Eurocódigo 6 regula los aspectos a considerar en el cálculo de estructuras de fábrica.

4.2.1 TIPOS DE CÁLCULO

Existen principalmente dos corrientes a la hora de abordar el análisis de las estructuras de fábrica. Una de ellas, desarrollada principalmente por Jacques Heyman, utiliza el Análisis Límite que consiste en estudiar el equilibrio de la estructura basándose en su geometría. La otra corriente se basa en generar un modelo numérico que reproduzca el comportamiento de la estructura, normalmente a través del Método de Elementos Finitos.

El Análisis Límite tiene la ventaja de no necesitar las características mecánicas del material, resolviendo así uno de los principales problemas que comentábamos anteriormente. Las fábricas tienen una resistencia mucho mayor a compresión que a tracción. Por ello, se diseña condicionando la geometría para que trabaje a compresión. Robert Hooke ya escribió en 1675 en un libro sobre relojes solares lo siguiente:



Imágenes 4.15, 4.16 y 4.17
 Izquierda: Modelo suspendido de Poleni realizado para comprobar la estabilidad de la cúpula de San Pedro de Roma en 1748.

Derecha: Método de los Elementos Finitos (MEF).
 Fundamentos del Método de los Elementos Rígidos (MER).

Fuente
 Huerta, 2006
 Casolo, 2009, 1452
 Lourenço, 1996.

“Del mismo modo que cuelga el hilo flexible, así, pero invertido, se sostendrá el arco rígido”⁷⁵

Antonio Gaudí se basó en este método para diseñar sus estructuras, con la ayuda de unos hilos que simulaban las trazas de los elementos constructivos colgaba unos pesos y generaba unas maquetas que al invertirlas 180° reproducían la geometría buscada. Según explica Huerta⁷⁶, Gaudí debió basarse en los estudios realizados por Poleni en 1748 sobre las grietas de la cúpula de San Pedro de Roma. En ellos utiliza la catenaria invertida de Hooke, cuya forma sometida a su propio peso trabajando a tracción es la misma que la del arco trabajando a compresión. En su estudio demuestra que la cúpula fisurada es estable ya que la línea de presiones queda dentro de su geometría, aunque no consideró los efectos de la doble curvatura, como indica Alonso en “La compresión de la tracción”.⁷⁷ El análisis de fábricas de mampostería a través de Análisis Límite con ayuda de modelos informáticos está siendo desarrollado por O’Dwyer o Pere Roca entre otros.

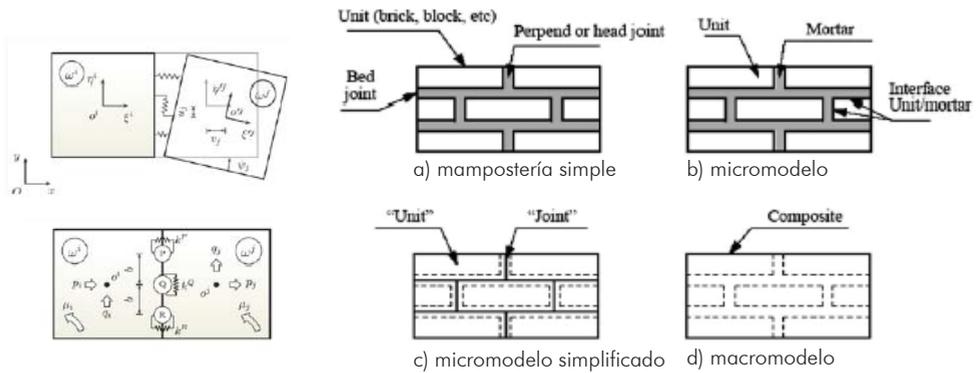
Otro tipo de análisis es el elástico lineal. Sin embargo este método no reproduce el comportamiento de las estructuras de fábrica, por lo que se recomienda para estructuras de acero y hormigón. Aún así, puede utilizarse como un método complementario que nos daría una primera aproximación en los resultados.

Para abordar el estudio estructural con cierto rigor, siempre que se trate de estructuras formadas por materiales frágiles como la mampostería, es necesario la utilización de un método de análisis no lineal. Uno de los métodos utilizados es el llamado Método de los Elementos Rígidos (MER), desarrollado por Casolo y Peña. Este método tiene en

⁷⁵ Heyman, 1995, 9.

⁷⁶ Huerta, 2006.

⁷⁷ Alonso, 2011, 337.



cuenta las propiedades inelásticas del material al discretizar la estructura en elementos rígidos planos unidos entre sí por tres puntos de conexión. Estos puntos representan las características mecánicas del material y se modelizan como dos resortes inelásticos y un tercer punto como unión de cortante, colocado en el centro de la unión. Su aplicación permite el análisis del comportamiento histerético de la fábrica frente a ciclos de carga producidos por sismo. Este método se ha empleado en el estudio realizado por Casolo en 2009 en el Maniace Castle de Siracusa.⁷⁸

El Método de los Elementos Finitos (MEF), es otro método que se basa en dividir la estructura objeto de análisis en un número finito de elementos. Así se limitan las variables y el número de ecuaciones. Puede utilizarse con dos enfoques: la macro-modelización y la micro-modelización.

La micro-modelización consiste en definir cada elemento que forma la fábrica, incluso las interfases mortero-ladrillo se representan como elementos discontinuos. Este método requiere mucho tiempo computacional y se utiliza para el análisis de detalle. La macro-modelización en cambio no requiere tanto conocimiento de la fábrica y reduce considerablemente el coste del cálculo en tiempo. Consiste en considerar el material homogéneo y ortotrópico, se elabora un modelo de cálculo por medio de elementos finitos sin necesidad que estos elementos se correspondan con las dimensiones reales de los elementos que constituyen la fábrica. Los ladrillos, piedra, mortero y la interfase entre ellos se engloban en un mismo elemento obteniendo resultados aceptables.

Se han elaborado métodos de homogeneización que ayudan a realizar simplificaciones, como los desarrollados por Lourenço en 1992, Pietruszczak en 1992, Armelle Anthoine en 1995 y otros más modernos como los realizados por Rots en 1998 o el propio Lourenço en 1996.

⁷⁸ _ Casolo, 2009,1447.

Imágenes 4.18 y 4.19_

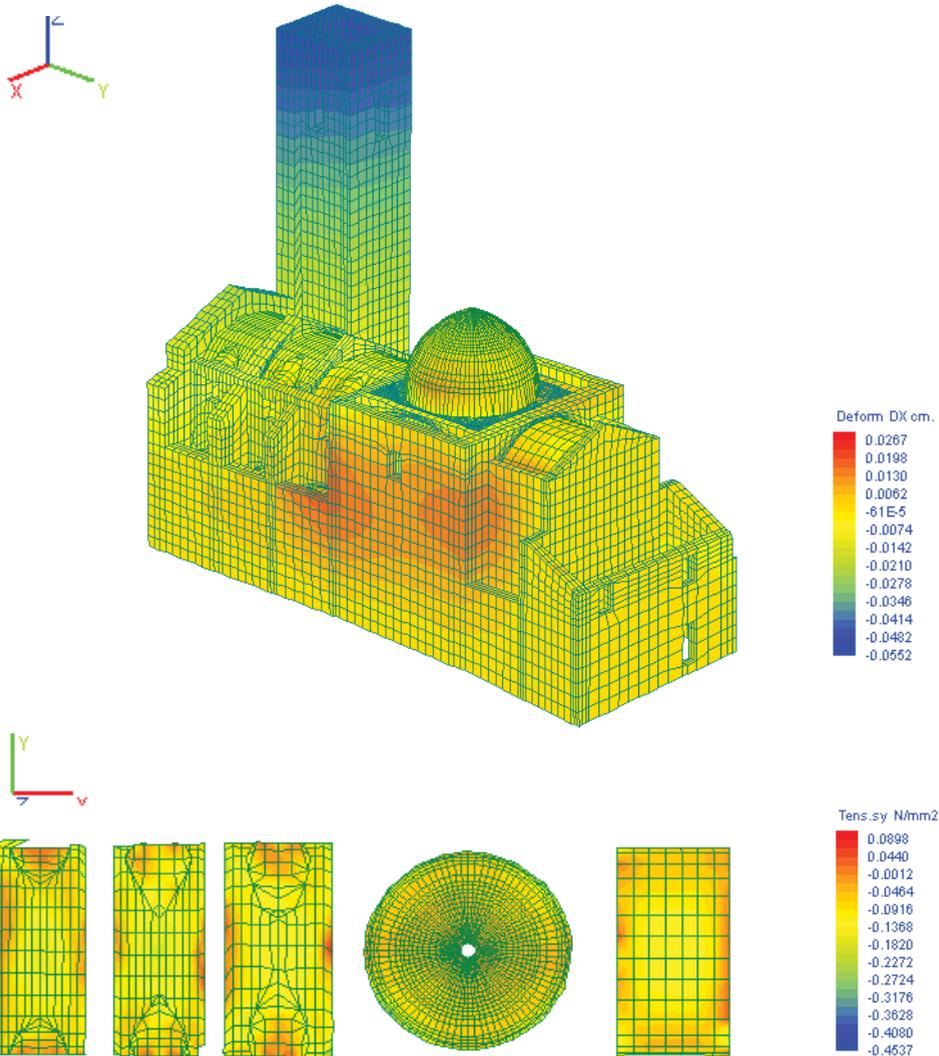
Modelo de cálculo de la Iglesia de Jalance.

Superior: Desplazamientos en x.

Inferior: Tensiones en y en las láminas. Los valores mayores se localizan en el encuentro de las bóvedas con la clave de los arcos fajones.

Fuente_

Moreno, 2011.



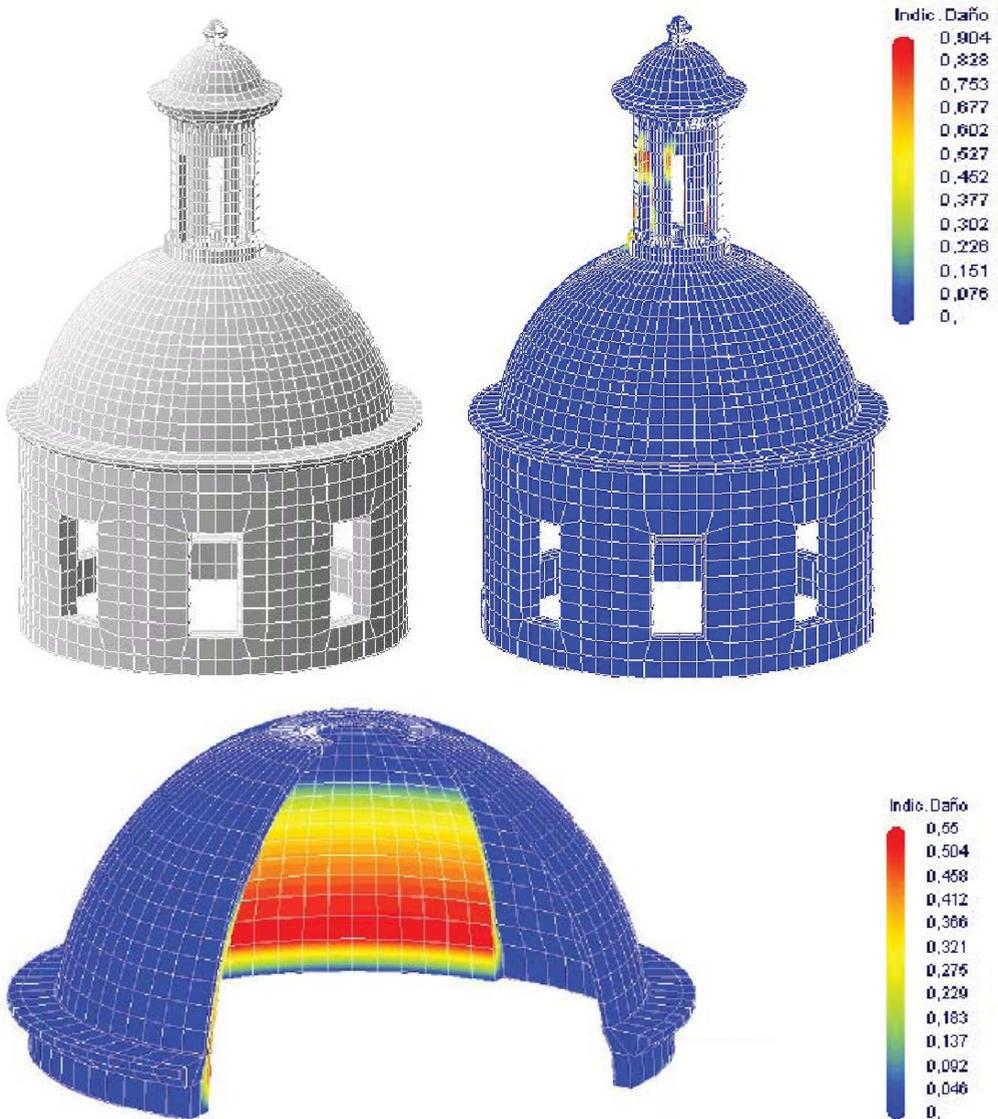
Imágenes 4.20 y 4.21_
Cúpula de San Miguel de los Reyes, Valencia.

Superior: Modelización mediante elementos finitos volumétricos. Índice de daño para acciones gravitatorias y sísmicas.

Inferior: Índice de daño de la cúpula para acciones gravitatorias y térmicas.

Fuente_

Boquera y Alonso, 2002.



Imágenes 4.22, 4.23 y 4.25_

Cúpula de las Escuelas Pías,
Valencia.

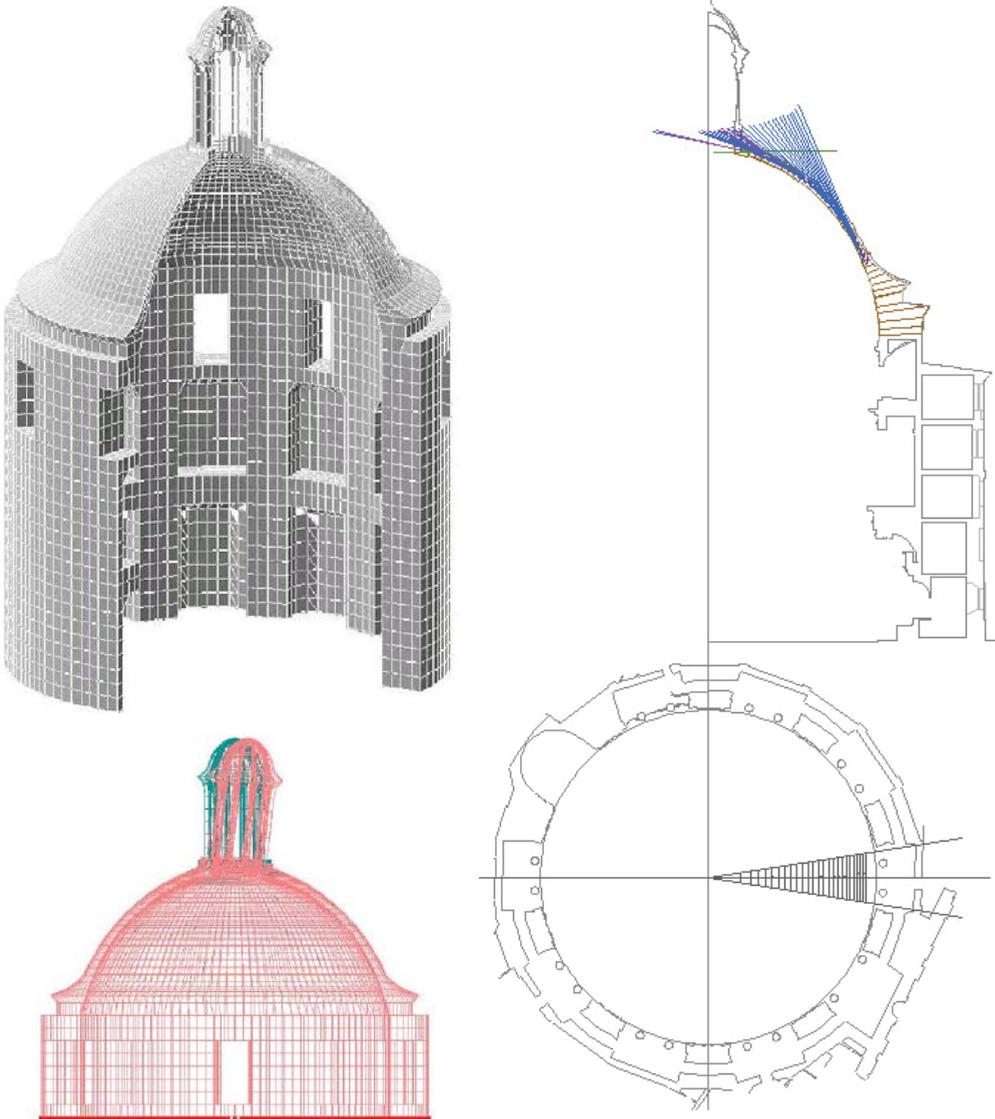
Izquierda superior: Modeli-
zación mediante elementos
finitos volumétricos.

Izquierda inferior: Modo 1
de vibración

Derecha: Análisis por estáti-
ca gráfica de la cúpula.

Fuente_

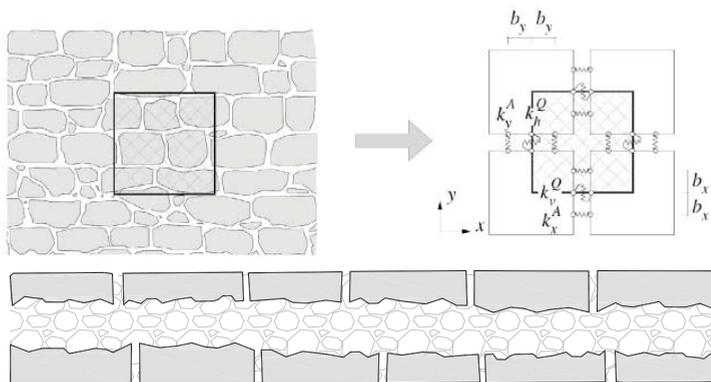
Boquera y Alonso, 2002.



Imágenes 4.26 y 4.27

Superior: Modelización de la fábrica mediante elementos rígidos unidos entre sí por resortes (rigid body spring model). Casolo y Peña, 2007.

Inferior: Detalle de la sección constructiva de la fábrica de la Iglesia de Santa Catalina.



Fuente

Perelló, 2015, 280.

De la autora, 2015.

4.2.2 MODELO DE DAÑO

Para modelizar el comportamiento no lineal del material puede realizarse por distintos sistemas: el modelo de fisura discreta (que genera una discontinuidad geométrica en el punto donde se alcanza la máxima tensión de tracción), el modelo de fisura distribuida (que supone la modificación de la matriz constitutiva cuando se supera la tensión de tracción límite), el modelo de barras (que sustituye el continuo por una malla de barras a las que se le asignan propiedades del material) y el modelo de daño. Este último, el modelo de daño, permite definir funciones de daño que considere la diferente respuesta del material a esfuerzos de tracción y de compresión y el efecto de la degradación de la rigidez. Estas variables modifican la influencia de la historia del comportamiento del material en la evolución de las tensiones. La aparición de fisuras y su evolución en el tiempo se pueden describir como las trayectorias de los puntos que han sufrido daño. La fractura se representa como un efecto de daño local, que se puede caracterizar en función de la resistencia a compresión y a tracción del material, de los parámetros conocidos de éste y de las funciones que controlan la evolución de la fisuración según el estado sucesivo de las tensiones en cada uno de los puntos.

La fábrica a analizar está formada por sillería careada a una cara con el interior relleno de argamasa, lo que le confiere una falta de continuidad entre las juntas que pueden apreciarse desde el exterior. Dada esta constitución constructiva de la fábrica, se utiliza el modelo continuo de daño isótropo para modelizar el comportamiento del material.

El programa de cálculo Angle que ha desarrollado el profesor Alonso incorpora una aplicación del modelo de daño isótropo desarrollado por Oller (1991 y 2001), Oliver (1993), Oñate (1996) y Hanganu (1997). El modelo empleado se basa en el distinto comportamiento a compresión y a tracción de este tipo de materiales, la degradación de su rigidez por el nivel tensional y el efecto en la respuesta en función del tamaño

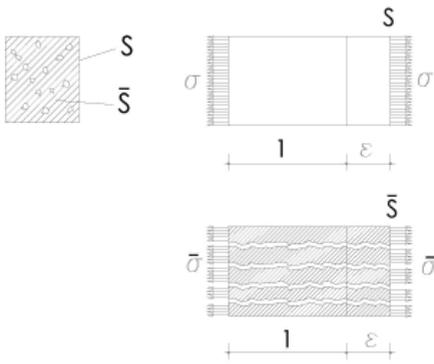


Imagen 4.28_
Superficie dañada y tensión efectiva para el modelo de daño.

de la malla empleada para modelizar a través de los elementos finitos para obtener un modelo correcto del comportamiento no lineal de este tipo de materiales.

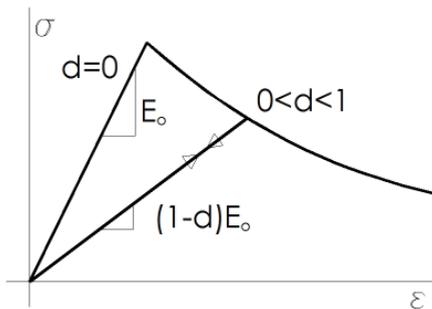
Se considera un punto de un material con un cierto nivel de deterioro, esta degradación se representa como huecos que ha sufrido el material. Si S es la superficie total considerada y S' el área resistente efectiva; ($S-S'$ es la superficie de huecos), se define la variable de daño d como:

$$d = \frac{S - S'}{S} = 1 - \frac{S'}{S}$$

Este índice expresa el grado de deterioro del material ($0 \leq d \leq 1$). El valor cero representa el estado no dañado, mientras que el valor unidad el deterioro total del área resistente. La relación entre la tensión de Cauchy y la tensión efectiva que actúa sobre la parte de la sección resistente efectiva se calcula por la condición de equilibrio:

$$\begin{aligned}
 N &= S\sigma \\
 N &= S'\sigma' \\
 \sigma S &= \sigma' S' \\
 \sigma &= (1 - d)\sigma' = (1 - d)E\varepsilon
 \end{aligned}$$

Este índice escalar es suficiente para representar adecuadamente el comportamiento de materiales como el hormigón y las fábricas de ladrillo y de piedra. El efecto que produce sobre el comportamiento mecánico del material es una reducción de la rigidez proporcional a $(1-d)$.



Extendida esta relación al vector total de tensiones se obtiene:

$$\begin{pmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{xy} \\ \tau_{xz} \\ \tau_{yz} \end{pmatrix} = (1-d) [D] \begin{pmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{xz} \\ \gamma_{yz} \end{pmatrix}$$

Siendo D la matriz de elasticidad para un material isótropo:

$$D = \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{pmatrix} 1 & \frac{\nu}{(1-\nu)} & \frac{\nu}{(1-\nu)} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{\nu}{(1-\nu)} & 1 & \frac{\nu}{(1-\nu)} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{\nu}{(1-\nu)} & \frac{\nu}{(1-\nu)} & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2(1-\nu)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2(1-\nu)} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2(1-\nu)} \end{pmatrix}$$

Para el cálculo de la variable de daño en cada instante del proceso de carga y deformación de la estructura se debe evaluar la norma r_n del tensor de deformaciones. La expresión utilizada es:

$$r_n = [1 + \theta(n-1)] \sqrt{\sum_{i=1}^3 (\sigma^{p,0})^2}$$

Donde n es la relación entre resistencias a compresión y a tracción uniaxial del material;

$$n = \frac{f_c}{f_t}$$

expresando el comportamiento predominante a compresión o tracción con la relación:

$$\theta = \frac{\sum_{i=1}^3 [\sigma_i^{p,0}]}{\sum_{i=1}^3 |\sigma_i^{p,0}|}$$

Siendo las tensiones no dañadas y la función de Macaulay de las tensiones principales no dañadas respectivamente:

$$\sigma' = D\varepsilon$$

$$[\pm\sigma'_i] = \frac{1}{2}(|\sigma_i| \pm \sigma_i)$$

El daño comienza cuando el índice rn supera a r_0 que se toma como umbral,

$$r_0 = \frac{f_t}{\sqrt{E}}$$

El valor actual del parámetro r se toma como el máximo histórico en todo el proceso de carga $r = \max\{r_0, r_n\}$

El índice de daño es entonces: $d = G(r_n) = 1 - \frac{r_0}{r} \cdot \exp\left\{A\left(1 - \frac{r_n}{r_0}\right)\right\}$

El parámetro A se determina según el modelo de Simo y Ju (Oller, 2001) en función de la energía disipada en ensayo de tracción uniaxial. Para ablandamiento exponencial la expresión es:

$$A = \frac{1}{\frac{g_t \times n^2 E_0}{(\sigma_c)^2} - \frac{1}{2}}$$

Donde $g_t = \frac{G_t}{l_c}$ $l_c = \sqrt[3]{V}$

Siendo G_f la energía de fractura por unidad de área, tomada como propiedad específica del material; y l_c la longitud característica del dominio del punto que se analiza en la malla de elementos finitos.

Esta longitud el programa la determina en función del volumen V asociado al nodo de la malla de sólidos que se considera.

La matriz constitutiva secante se determina sencillamente a partir de la matriz elástica:

$$D_s = (1-d) \cdot D_0$$

En este caso el tensor constitutivo tangente resulta ser:

$$D_T = (1-d) \cdot D_0 - \left[\frac{\partial G(r)}{\partial(r)} \frac{1}{r} [D_0 : \varepsilon] \right] \otimes [D_0 : \varepsilon]$$

Considerando un comportamiento post-pico del material (para $r > r_0$) exponencial el tensor constitutivo tangente para el modelo propuesto por Simo y Ju tiene la expresión:

$$D_T = (1-d) \cdot D_0 - e^{A \left(1 - \frac{r}{r_0}\right)} \frac{r_0 + Ar}{r^2} \left[\frac{1}{r} [D_0 : \varepsilon] \right] \otimes [D_0 : \varepsilon]$$

El análisis a realizar en esta tesis doctoral se efectuará siguiendo el modelo de daño descrito anteriormente, explicado en la tesis doctoral del profesor Adolfo Alonso, pero además es necesario definir el cálculo sísmico según las especificaciones del Eurocódigo 8.

4.2.3 ACCIONES SÍSMICAS

Para definir la acción sísmica a efectos de cálculo se recurre a métodos estadísticos y de probabilidad. La normativa sísmica define la acción del sismo mediante espectros de respuesta de las estructuras frente al movimiento del suelo inducido por el terremoto.

El espectro representa la aceleración sobre un punto de la estructura que provoca la acción sísmica en función de la frecuencia o el periodo de vibración de la misma. El

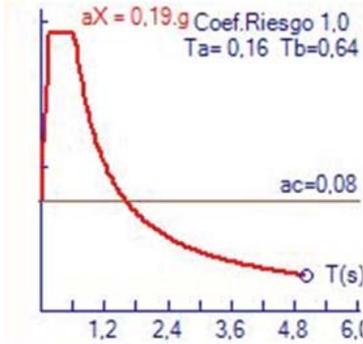


Imagen 4.29_

Espectro elástico de diseño para la ciudad de Valencia con un periodo de retorno de 475 años.

La equivalencia de este sismo con la intensidad medida en la escala MSK (Mendeleev-Sponheuer- Karnik) es de grado VI.

espectro elástico de diseño en aceleraciones para la ciudad de Valencia que define la norma NCSE-02 se muestra en la figura 4.29 y considera una aceleración de cálculo de 0,08g y una aceleración máxima en la meseta para periodos bajos de 0,19g.

Los movimientos sísmicos de cálculo se expresan en términos de un intervalo de recurrencia medio o una probabilidad de excedencia, que es una expresión en años del periodo promedio de tiempo que transcurre entre el suceso de un sismo que produce daños de una severidad igual o superior a una determinada.

La probabilidad de excedencia es una representación estadística de la posibilidad de que el efecto de un terremoto exceda una cierta severidad durante un periodo de tiempo determinado expresado en años.

Los periodos de recurrencia o de retorno utilizados en el cálculo son los siguientes:

Sismo de Servicio_ Es aquel que tiene un 50% por ciento de posibilidades de tener lugar en un periodo de 50 años. Corresponde con un periodo de retorno de 72 años y puede ser sufrido varias veces en la vida útil de una estructura.

Sismo de diseño_ Es aquel con un 10% de posibilidades de ser superado en 50 años, correspondiendo a un periodo de retorno de 475 años. Puede ocurrir una vez en la vida de una estructura.

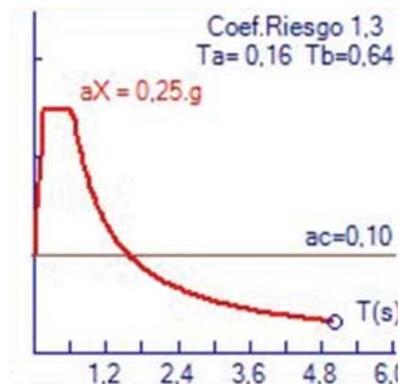
Sismo máximo_ Es el de mayor intensidad esperado en la ubicación del edificio. Es aquel con una posibilidad del 5% de ser alcanzado en un periodo de 50 años. Su periodo de retorno es de 975 años.

Para realizar el análisis el comportamiento sísmico de la estructura se utilizan dos métodos. Uno es el análisis por empujes incrementales, también conocido como pushover. Y el otro es el análisis no lineal en el dominio del tiempo.

Imagen 4.30_

Espectro elástico de diseño para la ciudad de Valencia con un periodo de retorno de 950 años.

La equivalencia de este sismo con la intensidad medida en la escala MSK (Mendeleev-Sponheuer- Karnik) es de grado VII.



El **análisis pushover** es un cálculo estático no lineal en el que la acción sísmica se introduce sometiendo a la estructura a un patrón de cargas laterales F_i que se incrementan de manera monótonica hasta alcanzar la capacidad máxima de la estructura. El patrón de cargas utilizado en esta tesis es el de la distribución modal. Por lo tanto este tipo de cálculo es eficiente para estudiar la capacidad, y la resistencia-deformación de la estructura sometida a la acción de un terremoto.

La capacidad de respuesta estructural se representa mediante la curva de capacidad que reacciona el cortante basal V_b y los desplazamientos D en el nivel superior de la estructura, como se muestra en la imagen 4.31.

El espectro de respuesta definido por la norma sísmica para el lugar en el que se encuentra la estructura nos permite cuantificar la demanda sísmica.

La intersección de la curva de demanda con la de capacidad en una misma gráfica define el performance point o punto de desempeño, que señala el movimiento que se puede producir en el punto de control definido en la estructura para el sismo de cálculo definido por el espectro.

Para poder comparar ambas curvas de capacidad y demanda es necesario transformarlas en un formato homogéneo denominado ADRS (espectro de respuesta aceleración desplazamiento). La curva de capacidad se simplifica transformándose en una curva bilineal que contiene la misma área hasta la capacidad última que la curva real, así ambas representan la misma energía.

La curva simplificada tiene dos puntos característicos como puede observarse en la imagen 4.32: la capacidad de cedencia D_y y la capacidad última D_u . El primero representa el desplazamiento en el que la respuesta de la estructura deja de ser lineal y el segundo el desplazamiento en el que el sistema estructural ha alcanzado el mecanismo de colapso o capacidad máxima.

Imágenes 4.31, 4.32 y 4.33_

Superior: Patrón de cargas aplicado en el método Pushover.

Centro: Curva de capacidad bilineal.

Inferior: Umbrales de los estados de daño.

Fuente_

Llopis, 2014, 203-5.

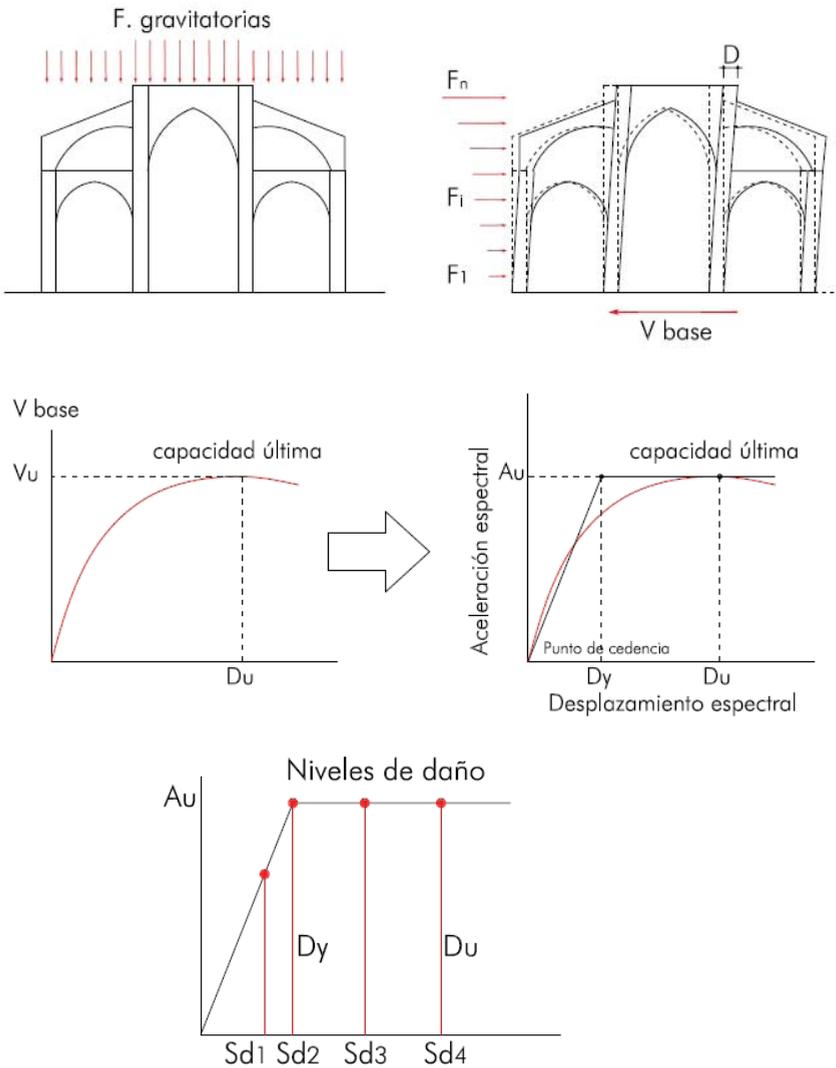
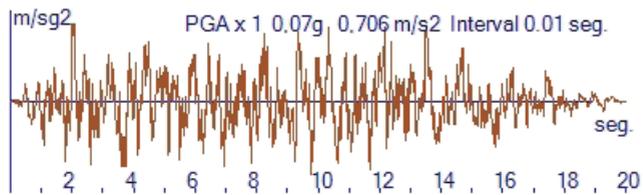


Imagen 4.34_

Acelerograma artificial en dirección X para un sismo con un periodo de retorno de 475 años, es compatible con el espectro definido por la norma.



Fuente_

SIMQKE_GR.

Según se encuentre el punto de desempeño respecto a los puntos de cedencia y capacidad última se definen los umbrales de los estados de daño, según la figura 3.27.

Umbrales de daño	Definición
Leve	$Sd_1 = 0,7 D_y$
Moderado	$Sd_2 = D_y$
Severo	$Sd_3 = D_y + 0,25 (D_u - D_y)$
Completo	$Sd_4 = D_u$

Tabla 4.1_ Clasificación de los umbrales de daño.

El comportamiento sísmico también puede evaluarse a través de un **análisis no lineal en el dominio del tiempo**. En él se obtiene la respuesta de la estructura frente al movimiento del suelo a lo largo del tiempo. Se utilizan acelerogramas que representan el movimiento del suelo y se generan unas ecuaciones diferenciales de ese movimiento que se resuelven por el método de Newmark.

En Valencia hay pocos registros de terremotos de intensidad importante. Los más importantes recientemente han sido tres sismos en septiembre de 2003 con magnitudes entre los 4,1 y 4,6. Sus características están registradas en el Instituto Geográfico Nacional. Según analiza Llopis en su tesis doctoral⁷⁹, la aceleración de pico que alcanzaron fue muy baja, de 0,004g frente al valor de 0,06 que corresponde a la ciudad de Valencia. Es por ello que los espectros de respuesta de los acelerogramas correspondiente al de mayor intensidad quedan por debajo del espectro de diseño.

Con el programa SIMQKE_GR pueden generarse acelerogramas artificiales compatibles con el espectro definido por la normativa para la ciudad de Valencia. Con estos acelerogramas se efectuó el cálculo dinámico de la Catedral de Valencia y se volveran a utilizar para el cálculo dinámico de la Iglesia de Santa Catalina.

⁷⁹ _ Llopis, 2014,206.

5. METODOLOGÍA

5.1 DOCUMENTACIÓN Y TOMA DE DATOS.

El procedimiento para efectuar el análisis estructural de la Iglesia de Santa Catalina y su campanario requiere una toma de datos exhaustiva a partir de la cual se elabora el modelo de cálculo. La precisión de los resultados obtenidos en el análisis depende en gran medida del conocimiento que se posea del edificio. Para ello es necesario investigar su evolución constructiva y los hechos acontecidos desde su inicio hasta la actualidad, especialmente aquellos que suponen una influencia en los aspectos constructivo-estructurales. Por lo tanto se desarrolla una metodología en la que se incluye el vaciado y estudio de toda esta información. En un primer momento se recurre al archivo parroquial pero éste se perdió durante la guerra civil, esta dificultad añadida ha obligado a buscar documentación en otros archivos y bibliotecas de la ciudad de Valencia. Entre ellos cabe resaltar por la relevancia de la documentación encontrada para la realización de esta tesis doctoral el Archivo Histórico Municipal, el Archivo Diocesano, el Archivo de Luis Gay en la Biblioteca Valenciana Nicolau Primitiu, la Dirección General de Patrimonio Cultural de la Generalitat Valenciana, el Archivo de Urbanismo de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia y el Archivo Fotográfico MAS de Barcelona.

El punto de inflexión en la toma de datos viene marcado por la documentación aportada por José Ignacio Casar Pinazo, arquitecto que realizó la última intervención en el templo. No sólo ha facilitado los proyectos completos que en su día realizó sino también gran número de fotografías que muestran el estado en el que encontró la Iglesia y el campanario, el proceso de las obras y su estado final. Además ha colaborado en esclarecer las dudas que se han planteado durante el análisis de toda esta documentación dado su alto conocimiento del templo aportando datos inéditos que sólo el acceso a una fuente directa puede proporcionar. El análisis de toda esta documentación se recoge a continuación en el apartado 5.2.2. "Proyecto de José Ignacio Casar_ 2001-2004".

Otra fuente importante para llevar a cabo un modelo de cálculo con máxima precisión geométrica ha sido la aplicación de la técnica del Escáner Láser 3D. El trabajo de campo fue realizado por D. Pablo Navarro Camallonga (investigador FPU en el Instituto de Restauración del Patrimonio de la Universidad Politécnica de Valencia) y D. José Herraiz Boquera (catedrático en el Departamento de Ingeniería Cartográfica Geodesia y Fotogrametría de la Escuela Técnica Superior de Caminos de la Universidad Politécnica de Valencia). Esta técnica no destructiva proporciona una nube de puntos que reproduce el volumen de la Iglesia mostrando no sólo las dimensiones exactas de sus elementos constructivos sino también sus deformaciones actuales. Para la fusión de las nubes de puntos obtenidas en las 100 estaciones realizadas ha sido necesario el aprendizaje del programa informático Cyclone 9.0 de Leica Geosystems, con el que ha sido posible obtener el volumen total de la Iglesia y su campanario en una nube de puntos única de aproximadamente 35 millones de puntos.

La manipulación en CAD de la nube de puntos completa del edificio se ha realizado con ayuda del programa informático Escuadra, aplicación desarrollada por el profesor Adolfo Alonso Durá en el Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Valencia. Los puntos procedentes del escaneado permiten trazar las líneas que configuran las secciones, alzados y plantas. El levantamiento geométrico realizado reproduce con fidelidad el estado actual, obteniendo una documentación gráfica inédita que se recoge en el Anexo de esta tesis doctoral.

Con toda esta documentación se realizan los modelos de cálculo para proceder a su análisis estructural. Es interesante tener en cuenta los métodos y las técnicas de ejecución de este tipo de estructuras en la época en la que se construyeron, métodos basados fundamentalmente en reglas geométricas para efectuar el dimensionado de sus elementos estructurales.

En base a la geometría obtenida se generan los modelos de cálculo que reproducen la Iglesia y el campanario objeto de estudio. Los modelos se realizan utilizando el programa informático ANGLE, desarrollado por el profesor Alonso. Se utiliza la misma herramienta de trabajo para calcular y analizar los modelos. El cálculo se centra fundamentalmente en el comportamiento del edificio frente a esfuerzos sísmicos. El análisis que mejor reproduce el comportamiento mecánico de este tipo de estructuras de fábrica es el análisis no-lineal. Para ello se emplea el método del modelo de daño y su evolución frente a cargas estáticas y dinámicas.

En el análisis de la respuesta del edificio frente a sismo se emplean dos métodos de cálculo. Por un lado el análisis conocido como pushover, por empujes incrementales, y por otro el análisis dinámico no lineal en el tiempo.

Los modelos estructurales utilizados para el análisis del comportamiento estructural de la Iglesia de Santa Catalina son:

Modelo 1.1_ Dos crujiás, con diafragmas, bóvedas de piedra y cubierta plana.

Modelo 1.2_ Dos crujiás, sin diafragmas, bóvedas de piedra y cubierta plana.

Modelo 1.3_ Dos crujiás, sin diafragmas, bóvedas de piedra y cubierta inclinada.

Modelo 1.4_ Dos crujiás, sin diafragmas, bóvedas de ladrillo y cubierta inclinada.

Modelo 1.5_ Dos crujiás, ausencia de capillas laterales.

Modelo 2_ Conjunto, sin diafragmas, bóvedas de ladrillo y cubierta inclinada.

Modelo 3_ Campanario exento.

Por último se aporta un listado de los programas informáticos utilizados como herramientas de trabajo para modelizar, calcular y procesar los modelos:

ANGLE

Programa de Análisis Estructural No-lineal por elementos finitos

Autor: Adolfo Alonso Durá (UPV)

STATICAL

Programa de Estática Gráfica en 2D, interfaz en CAD

Autor: Adolfo Alonso Durá (UPV)

BÓVEDAS 3D

Programa de Estática Gráfica en 3D, interfaz en CAD

Autor: Adolfo Alonso Durá (UPV)

SIMQKE_GR (V- 2.7-2012)

Programa de generación de acelerogramas artificiales

Autor: Piero Gelfi (University of Brescia)

ESCUADRA

Programa para procesado de nube de puntos

Autor: Adolfo Alonso Durá (UPV)

CYCLONE

Programa para procesado de nube de puntos

Autor: Leica Geosystems

BLENDER

Programa para modelado de imagen

Autor: The Blender Foundation

5.2 INTERVENCIONES EN LA IGLESIA.

Son dos los proyectos realizados para intervenir en la Iglesia de Santa Catalina y que se han recogido mostrando a continuación un extracto de ambos. El primero es del arquitecto Luis Gay Ramos y se realizó en tres fases entre los años 1950 y 1966. Su objetivo fue garantizar la estabilidad estructural del edificio que se hallaba en ruina tras la guerra civil; el segundo es el realizado por Jose Ignacio Casar Pinazo entre los años 2001 y 2004 y consiste en la intervención sobre el campanario y las fachadas de la Iglesia.

5.2.1 PROYECTO DE LUIS GAY_ 1950-1966

La Hermandad de Sacerdotes Operarios, responsable de la Iglesia de Santa Catalina a partir de 1950, decide reconstruirla a pesar de los graves daños en el templo. Tras esta decisión de acometer obras en el edificio, el Servicio Nacional de Regiones Devastadas⁸⁰ encargó este proyecto a Luis Gay Ramos en 1951.

El proyecto se divide en tres fases, redactándose la primera fase en abril de 1952, en noviembre de 1953 la segunda y en septiembre de 1955 la tercera. El documento consultado consta de tres cajas (una por fase), cada una de las cuales contiene tres tomos: uno recoge la memoria, otro los planos y el último el presupuesto.⁸¹ A continuación se resume los datos más importantes relativos a la construcción y estructura del edificio señalados en las tres actuaciones, dando una visión conjunta de la información aportada

⁸⁰ _ Organismo creado en 1938 encargado de inspeccionar los proyectos de reconstrucción de viviendas, monumentos e infraestructuras dañadas por la guerra civil española.

⁸¹ _ El proyecto de intervención en Santa Catalina, redactado por el arquitecto Luis Gay, se encuentra disponible para su consulta en la Biblioteca Valenciana Nicolau Primitiu, con sede en San Miguel de los Reyes en Valencia, concretamente en el fondo personal de Luis Gay Ramos y en el expediente ALGR 376 II (Proyecto de Reconstrucción del Templo de Santa Catalina. Valencia. 4-1952-5-1961).

tanto por la memoria como por los planos y presupuestos.

Primera fase_

En 1952, Gay analiza los daños sufridos en la iglesia y describe la necesidad de apear debido al estado de ruina inminente de algunas zonas del templo: capillas 1ª, 2ª, 5ª y 6ª del lado del Evangelio y 3ª y 4ª del lado de la Epístola. Para ello considera necesario desmontar todos los añadidos barrocos y neoclásicos que aportan más carga a la estructura y perjudicando la estabilidad de la misma, según Gay redacta en su memoria:

“Desmante de todos los adintelamientos barrocos y neoclásicos que además de agravar la carga y ruina de la estructura, nos oculta el verdadero estado de la misma”.

También deben abrirse zanjas para recalzar la cimentación con hormigón en masa y fábrica de ladrillo macizo y sanearla si ésta no estuviera en condiciones, y reconstruir de manera parcial los muros de las capillas laterales y recibir provisionalmente los pilares y columnas.

En estas consideraciones previas que señala el arquitecto, añade también un cálculo estructural basado en estática gráfica, analizando la curva de presiones de cada arco fajón de la nave central. Además señala como causas de la ruina que el desvío en planta de la directriz de los arcos fajones de la nave central no puede absorber el empuje y que los pilares no soportan la flexión a la que están sometidos, como indica el texto a continuación:

“C. Según se indica en el apartado B) al quedar descubierta la estructura podremos analizar correctamente la curva de presiones que corresponda a cada arco fajón de la nave central; no obstante sobre el perfil tomado de un arco de las características de es-

tos, podemos observar en los planos que se acompañan, que la componente vertical del contrafuerte con los empujes de los arcos central y lateral, nos da una fuerza de 113.000 Kgs aproximadamente, que pasa por el tercio central, en la base de la pilastra. Como consecuencia de todo ello preveemos que la causa primordial del estado de ruina de la estructura en las zonas denominadas obedece: 1º- A la defectuosa disposición de los contrafuertes en la parte de la Epístola, que hace que su dirección desviada de la de los arcos fajones de la nave central no absorba el empuje de éstos tal como aparece en la sección ideal estudiada y la descompone sobre los paramentos de la nave central que en esta zona se hallan abiertos y con la cornisa rota por distintos puntos. 2º- Al descomponer la fuerza ideal que pasaba por el tercio de la base cabe suponer que la fuerza resultante está empujando y haciendo trabajar a flexión a los pilares de la nave central; y esto, unido a la desintegración de los mismos producida por el incendio del siglo XVI y a la rectificación del bombeo, recortando su sección (grave pecado e imperdonable) para acoplar el revestimiento barroco, ha aumentado la debilidad de estos pilares para contener aquella fuerza. Todo ello, si aparte no aparecen causas de asiento como se ha indicado al enumerar los recalces de cimientos en el apartado B) Recibidos muros y pilares en su parte dañada y recalzados si se precisa en las zonas indicadas, de confirmarse lo expuesto, al ir descubriendo la estructura, propondríamos en otro proyecto de 2º fase la inclusión de unas armaduras de hormigón armado o metálicas ocultas entre las cubiertas y bóvedas laterales y embutidas en rozas en los contrafuertes para absorber el desvío de las fuerzas que resultan trabajando a flexión y entregando la carga correctamente vertical sobre los pilares, para que no se produzcan más empujes en los mismos.”

Las obras a realizar en esta primera fase van dirigidas fundamentalmente a reforzar la cimentación y estabilizar la estructura de la iglesia. Para ello, se excavan zanjas hasta una profundidad de 2'50 metros para recalzar los cimientos. También se pica el enlucido en bóvedas, cornisas, pilastras y muros verticales para dejar vista la estructura gótica, se derriba la cornisa en la nave central y se desmontan las bóvedas de piedra, que

tendrían un espesor mínimo de 20 cm, tanto de la nave central como de las laterales. Además se derriban los muros hasta una altura de 10 metros de las capillas laterales y de la cancela de entrada, desmontando los nervios y nueve pilares de la nave central. Tras realizar todas estas operaciones, se recalza la cimentación y se realiza una fábrica de ladrillo para el recibido de pilares, muros, bóvedas (de 10 cm de espesor) y nervios. Y, por último, se colocan andamios y apeos que garanticen la estabilidad de la iglesia.

Segunda fase_

En 1953 Gay analiza la información que ha podido recopilar durante los trabajos realizados en la primera fase. En ellos descubre que los cimientos no tenían basamento en el terreno. Esto era debido a las fosas de enterramientos que se habían ido construyendo debajo de la iglesia. Además, debido al desplome que presentan los muros y pilastras laterales, los arcos fajones de la nave central se habían deformado y abierto dejando el núcleo central de algunas dovelas sin contacto entre ellos. Se da cuenta también que la mayor parte de las bóvedas de la nave central son de piedra y a Gay le parece que introducen demasiada carga, según afirma en el siguiente comentario:

*“la mayor parte de las bóvedas de esta parte central se han forjado con lajas de piedra y relleno de senos de escombros, que dan un peso excesivo para las condiciones de vida en que se encuentra la estructura”.*⁸²

⁸² _ Garín en el libro “Santa Catalina. Aproximación histórica” ya menciona en la página 14 el “peso de la gran crucería” como un condicionante a tener en cuenta en su diseño estructural. Garín también en las páginas 186-189 de su libro “Catálogo monumental de la ciudad de Valencia” dice lo siguiente: “En el siglo XVI el edificio fue remodelado en estilo clásico ocultando la bóveda con un pesado cascarón y recubriendo los muros con diversos elementos decorativos renacentistas; las obras de esta “restauración” concluyeron en 1536, siendo consagrado de nuevo el templo por el obispo Fr. Pedro Ponte.”

En esta segunda actuación los trabajos a realizar tienen como objetivo principal reforzar la estructura correspondiente a las naves laterales. Previamente se completa y recalza la cimentación sobre la que no se había intervenido en la etapa anterior y se reúnen todas las tumbas en una sola como osario. Se reconstruyen y macizan los muros tanto de las capillas laterales como de las medianeras y fachada. Además se sanean las pilastras centrales y se suplementan de fábrica de ladrillo en la parte de las naves laterales, reduciendo y por tanto reforzando los arcos de éstas. El alcance de esta intervención llega a la cubierta, desmontando la parte adosada a los contrafuertes para colocar unas vigas metálicas⁸³ sobre los arcos de las capillas laterales cuya función será transmitir las cargas verticales de los contrafuertes a los pilares y muros. A continuación se restauran las columnas y se chapan de piedra los arcos laterales así como los muros y pilastras, reconstruyendo después las cubiertas desmontadas colocando de nuevo la teja árabe sobre tabiquillos y tableros de rasilla. Por último, se desmontan las bóvedas aristadas de piedra de la nave central y se sustituyen por bóvedas de arista de ladrillo, Gay vuelve a justificar esta sustitución del material original por la carga que transmite al resto de la estructura agravando la ruina del edificio:

“desmontar las bóvedas de piedra de la nave central para descargarlas de un peso excesivo que sirve para acelerar la ruina de la estructura, pudiendo con ello reparar más cómodamente los arcos y nervios de piedra, y forjando posteriormente, las bóvedas con doblado de ladrillo, tal como se ha iniciado en la cabecera de la nave”.

Tercera fase_

En 1955 se plantea intervenir sobre la nave central y la cubierta ya que en las fases

⁸³ _ En las mediciones del proyecto se describen estas vigas metálicas como PN25, entendiendo que se trata de perfiles nacionales. En los planos se grafían en forma de U, colocando dos perfiles unidos por un pasador en cada contrafuerte.

anteriores se ha saneado y reforzado la cimentación y las naves laterales. Según se va interviniendo en el edificio Gay va obteniendo más datos y conociendo mejor su comportamiento. Esto le lleva a plantear unas conclusiones sobre sus consideraciones iniciales, como por ejemplo la causa del desplome de muros y pilastras y las grietas aparecidas en los arcos, como explica en el siguiente texto:

“Al dejar al descubierto la estructura gótica de piedra, de un tramo de la nave central, se puede confirmar lo que en la fase 2ª se preveía; el exceso de peso de las bóvedas así como la descomposición y defectuoso sistema de cimentación justifican el desplome y rotura de pilastras, así como la deformación y grietas en arcos fajones y nervios que llegan en algunos casos a dejar el núcleo de los mismos despegado de la bóveda. A todo ello hay que adicionar las destrucciones que, por incendios, recubrimientos neoclásicos del XVIII con desmoches del gótico y bombardeos de nuestra pasada guerra, han dejado triste huella. A pesar de lo expuesto puede apreciarse por la parte iniciada que no es imposible salvar esta estructura, si bien hay que restaurarla con sumo cuidado por el peligro que ofrece y reconstruirla muy a pesar nuestro en partes muy extensas.”

Las obras a realizar en esta última fase empiezan con el apeo con cimbras de los arcos fajones y nervios de la nave central para sanear las pilastras de la nave central renovando de fábrica de ladrillo su núcleo dañado y cambiando los capiteles deteriorados, después se chapan de piedra las pilastras reparadas. Tras desmontar las bóvedas de piedra, se restauran los arcos y nervios. El criterio para reparar los arcos fajones es el siguiente: aquellos en buen estado se limpian y suplementa el trasdós con un nervio de hormigón armado del que se atiranta las dovelas dañadas, y aquellos en mal estado se trasdosan con fábrica de ladrillo y se chapan de piedra sus caras vistas. La intervención en los nervios se reduce a su limpieza y aristado. Una vez reparados los arcos y nervios de la nave central, se reconstruyen las bóvedas con doble hoja de ladrillo. El muro testero tiene grietas que reflejan los asientos y desplomes, se cosen y se chapan de piedra

las partes renovadas del interior tanto del muro testero como de los muros laterales de la nave central. Además se reconstruirán las jambas y arcos de piedra de los ventanales del mismo modo que los que se conservan en la girola. Se interviene también sobre la cubierta existente, que es provisional de teja plana y cubre parcialmente la nave, reparando los cuchillos dañados y proyectando nuevos los del presbiterio.

Por último, se realizan actuaciones de acabado como el solado de piedra abujardada, o la reconstrucción de la puerta principal y su cancela en el testero de la nave, e incluso la pintura de los enlucidos de las bóvedas dejando la instalación eléctrica oculta, entre otros. Las obras de reconstrucción finalizaron en 1966, bendiciéndose su altar mayor el 14 de febrero del mismo año.⁸⁴

Al visitar la iglesia tras esta actuación de Luis Gay, cabe destacar que la visión de conjunto es unitaria y su actuación queda perfectamente integrada ya que todo el material pétreo añadido es de la misma tonalidad y calidad que el original. La piedra usada en todas las intervenciones es, o bien reutilizada de las bóvedas de la nave, o bien procedente de los antiguos pretiles del río. En este último caso la piedra fue suministrada por el Ayuntamiento de Valencia y era adecuada ya que se trataba de la misma calidad de piedra y estaba revalorizada por la pátina del tiempo.

Sin embargo, resulta muy fácil identificar las pilastras que han sido revestidas de piedra ya que se tuvo la precaución cuando se repararon de romper la continuidad de las juntas horizontales o llagas de la piedra nueva con respecto a la piedra original. Este modo de actuar persigue recuperar la imagen general original del edificio dejando constancia de las intervenciones realizadas sobre él.

La intervención realizada por Gay ha sido bastante criticada por algunos entendidos y alabada por otros. Para valorarla desde un punto de vista objetivo es imprescindible

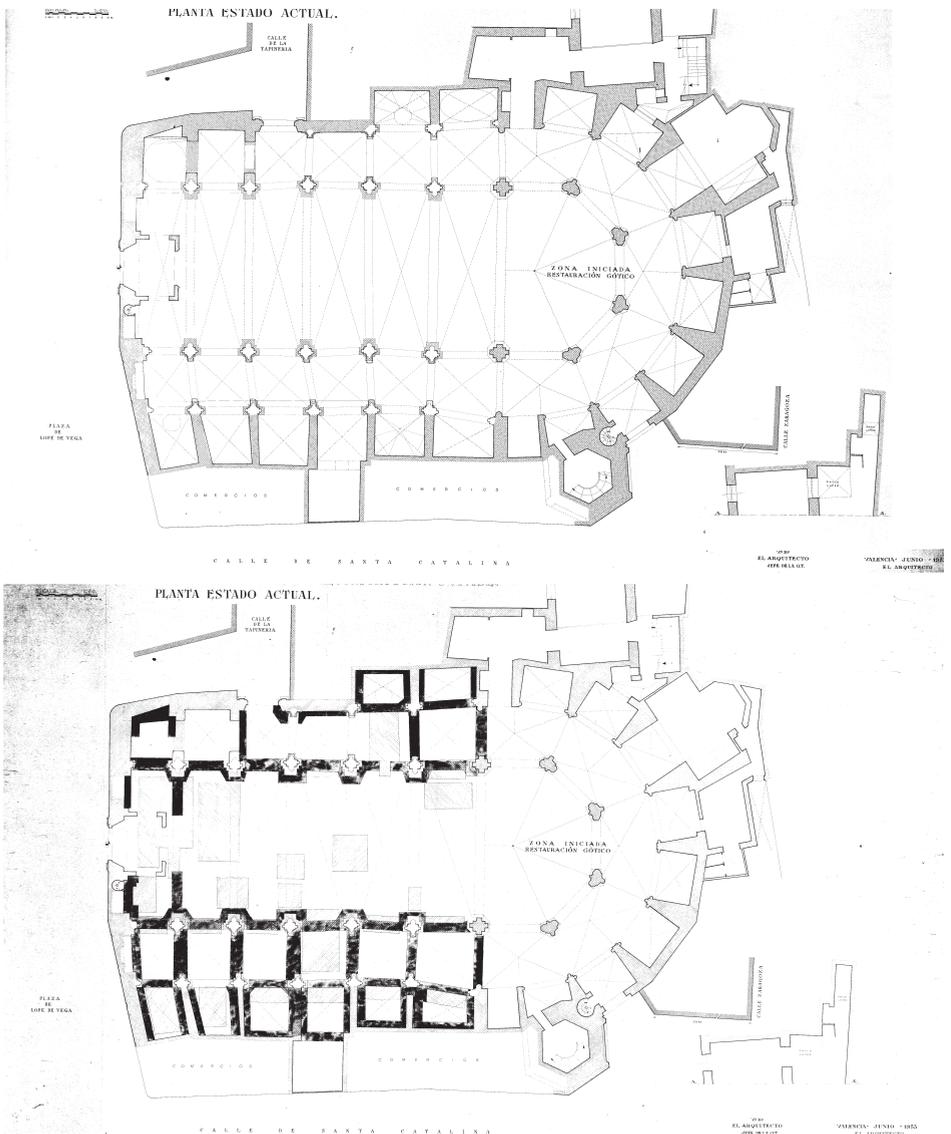
⁸⁴ _ Garín, 1983, 186-189.

entenderla en el contexto en el que se produjo: sobre un monumento gravemente afectado por el abandono y por los ataques sufridos durante la guerra civil. Su actuación se dirigió a garantizar la estabilidad estructural del templo y a asegurar su estanqueidad, devolviéndole el aspecto gótico que en su día debió tener. Si la intervención de Gay, realizada con mayor o menor acierto, no se hubiera efectuado deberíamos preguntarnos si esta pieza clave del patrimonio de la ciudad hubiera perdurado hasta la actualidad.

A continuación se muestran unas imágenes de las tres fases del proyecto de Gay. Las imágenes siguen el orden cronológico de actuación en el templo e incluyen tanto planos en planta y secciones del templo como detalles constructivos y fotografías en las que se aprecia el estado del edificio antes de la intervención, durante la realización de los trabajos y, finalmente, una vez terminadas las obras.

Imágenes 5.1 y 5.2_
 Planos para la Fase 1ª del Proyecto de reconstrucción del templo de Santa Catalina en Valencia. Levantamiento del estado actual de su planta, marcando en el segundo plano los recalces de la cimentación y apeos necesarios.

Elaboración_
 Luis Gay Ramos. 1952.



Imágenes 5.3 y 5.4_

Planos para la Fase 1ª del Proyecto de reconstrucción del templo de Santa Catalina en Valencia. Representación de la sección transversal y longitudinal por su nave central y longitudinal por su nave central. Destaca la presencia de los contrafuertes propios del gótico mediterráneo.

Elaboración_

Luis Gay Ramos. 1952.

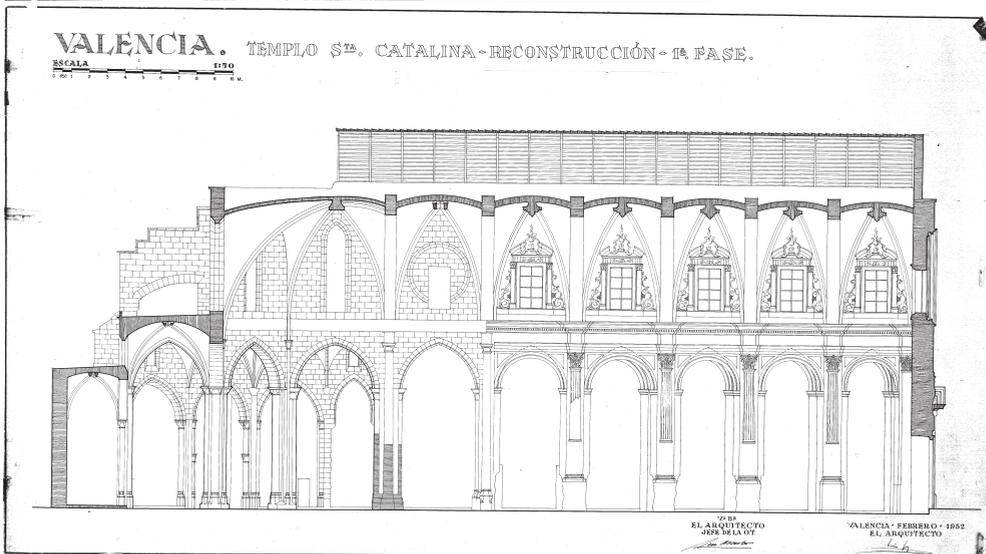
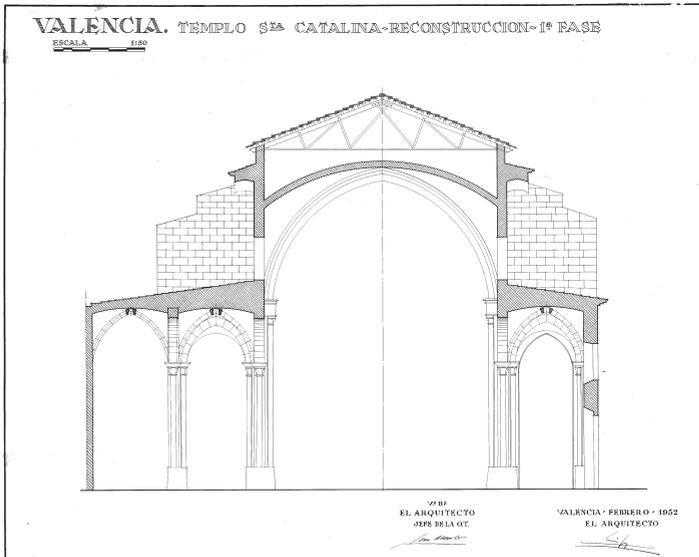


Imagen 5.5_

Plano para la Fase 1º del Proyecto de reconstrucción del templo de Santa Catalina en Valencia. Estudio del trazado de la línea de presiones de los arcos mediante estática gráfica. La resultante pasa por el tercio central de la base de la pilastra.

Elaboración_

Luis Gay Ramos. 1952.

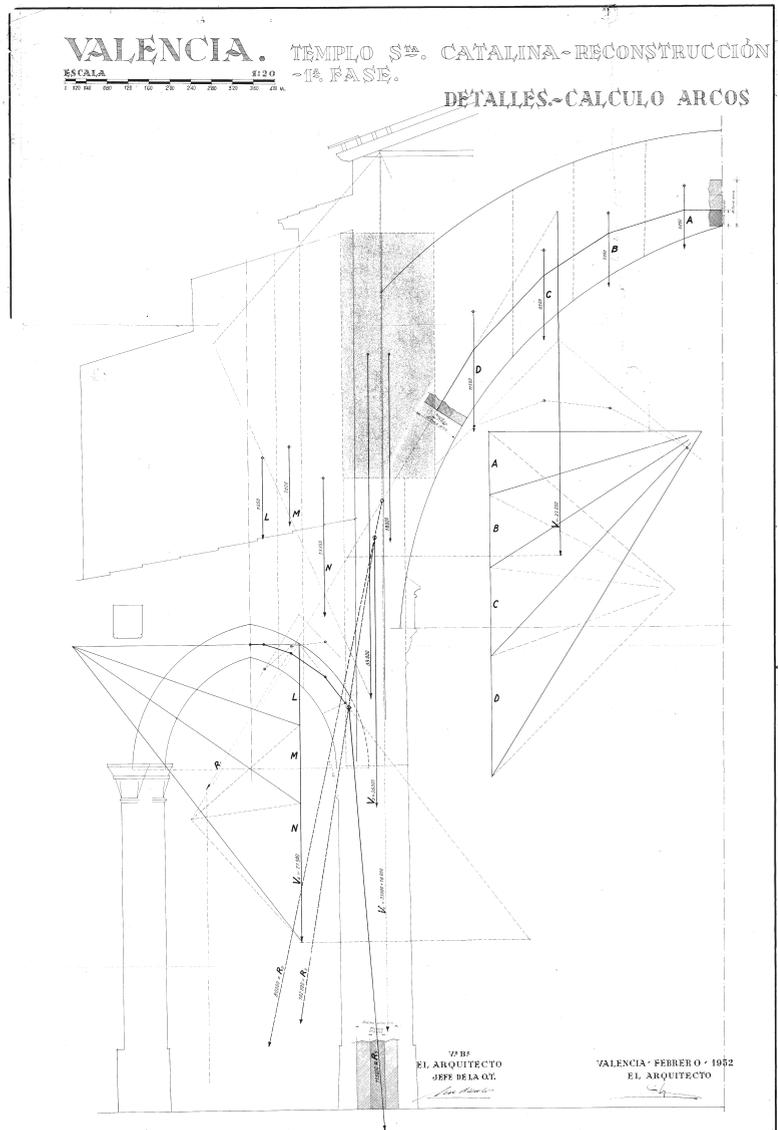


Imagen 5.6_

Fotografía del templo que muestra las roturas en paramentos y cornisas producidas según Gay por la defectuosa disposición de los contrafuertes con desviación de las fuerzas de empuje además de los posibles asientos de la cimentación.

Elaboración_

Luis Gay Ramos. 1952.

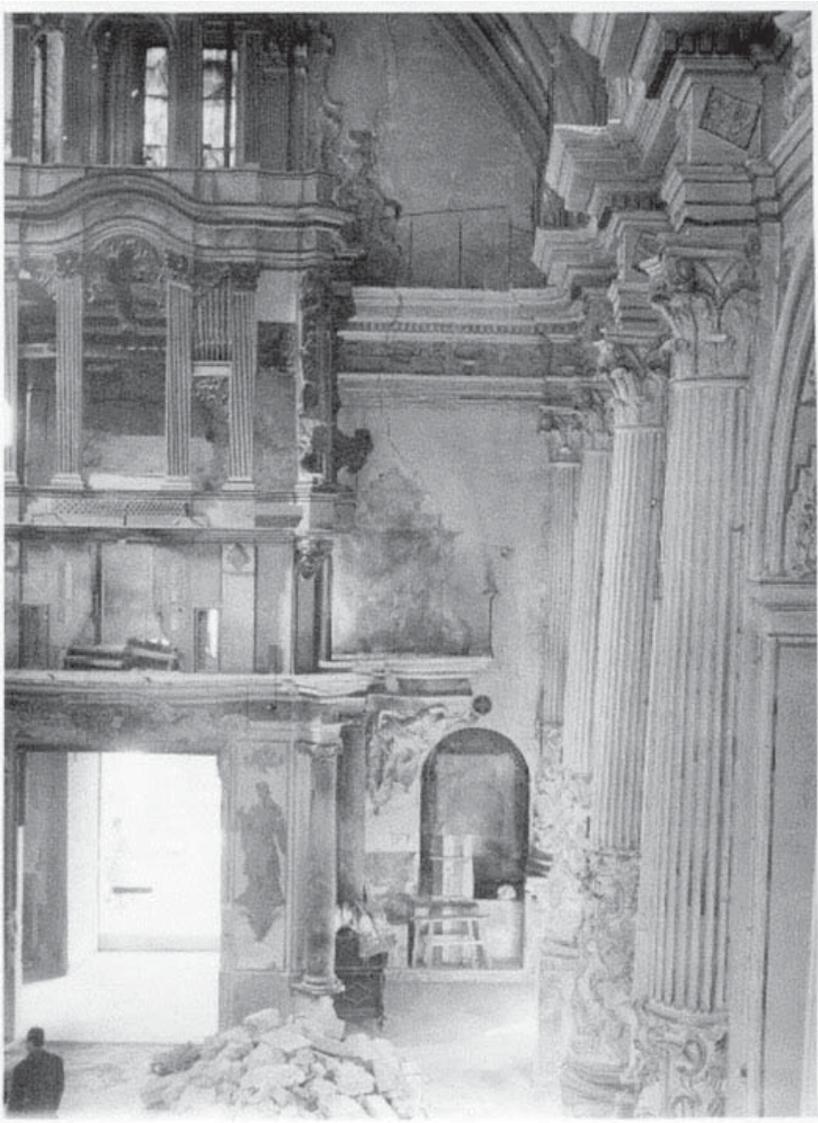


Imagen 5.7_

Fotografía de la nave lateral del lado de la Epístola en la que se observa el pandeo de los pilares, según explica Gay debido al empuje de la fuerza resultante y a la falta de apeos. Puede observarse el revestimiento con los arcos de medio punto.

Elaboración_

Luis Gay Ramos. 1952.



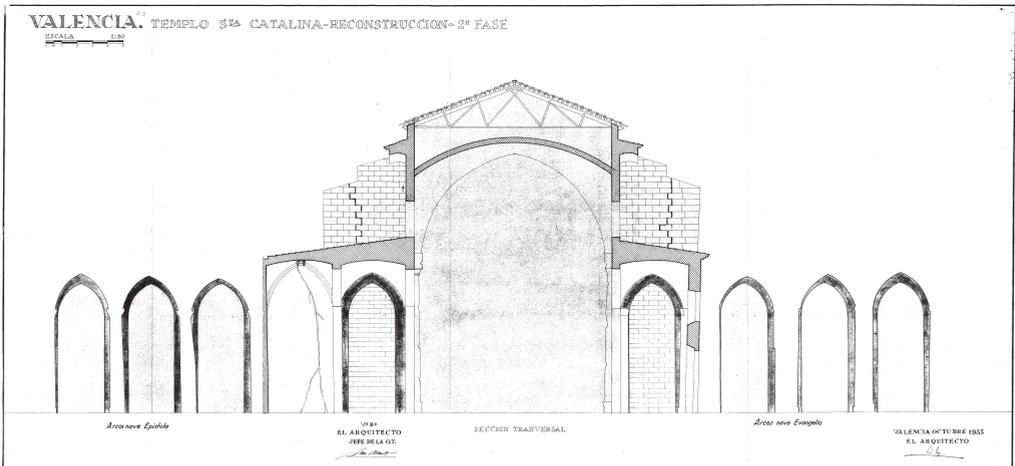
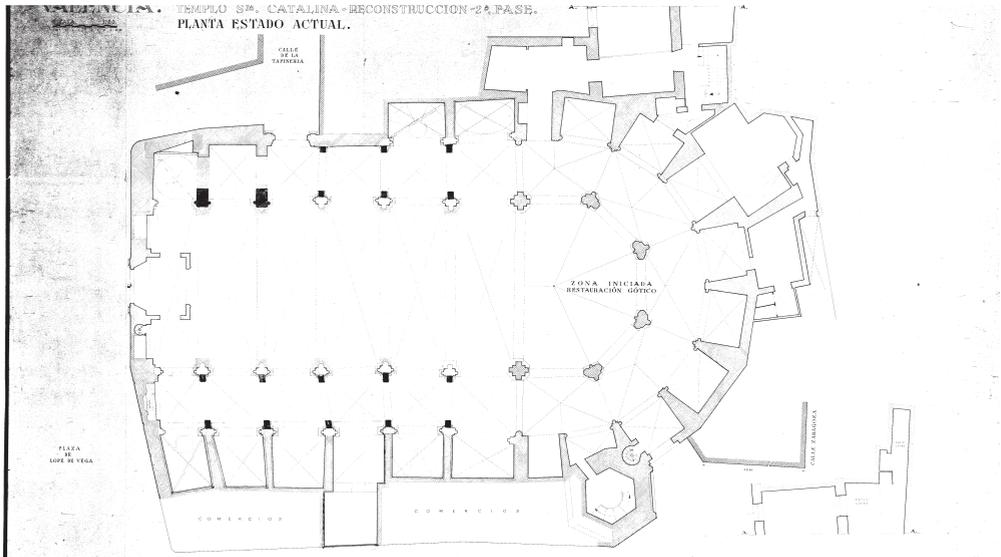
Imágenes 5.8 y 5.9_

Planos para la Fase 2ª del Proyecto de reconstrucción del templo de Santa Catalina en Valencia. Representación de la planta marcando las zonas de los pilares a reforzar y sección transversal con las deformaciones de los arcos de las naves laterales.

Elaboración_

Luis Gay Ramos. 1953.

152



Imágenes 5.10 y 5.11
 Planos para la Fase 2ª del Proyecto de reconstrucción del templo de Santa Catalina en Valencia. Detalles del alzado de las capillas laterales y del cálculo de los arcos mediante estática gráfica, grafiando los refuerzos con UPN bajo los contrafuertes.

Elaboración
 Luis Gay Ramos. 1953.

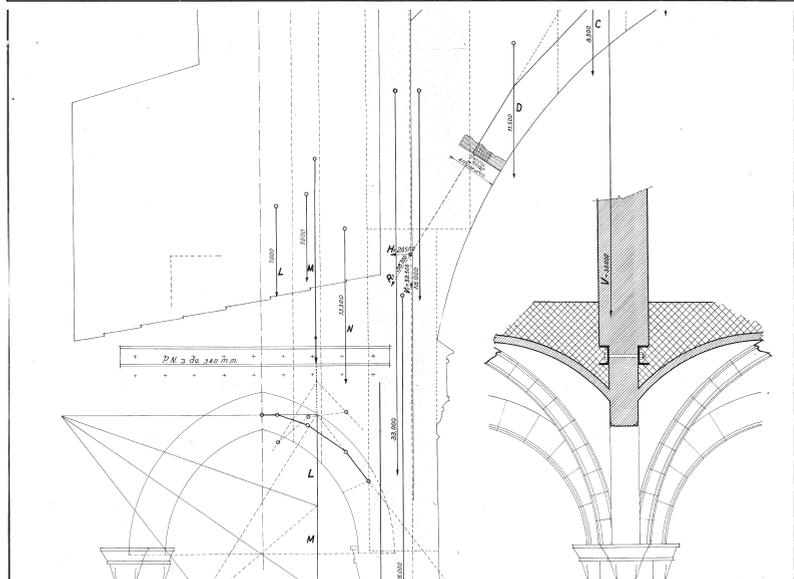
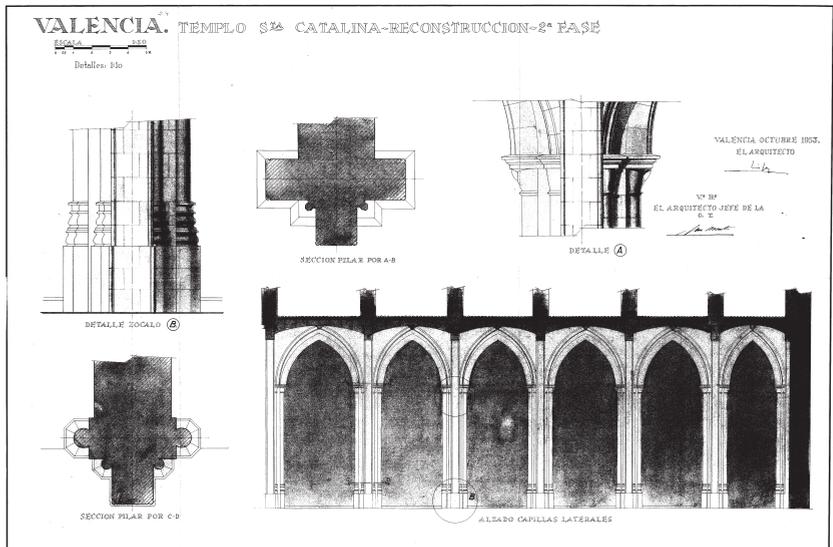


Imagen 5.12_

Fotografía que muestra los huecos de los enterramientos una vez desalojados. Se observa los muros destrabados y sin adherencia al terreno, según Gay debido a la descomposición de éstos por filtraciones de desagües de cubiertas y casas colindantes.

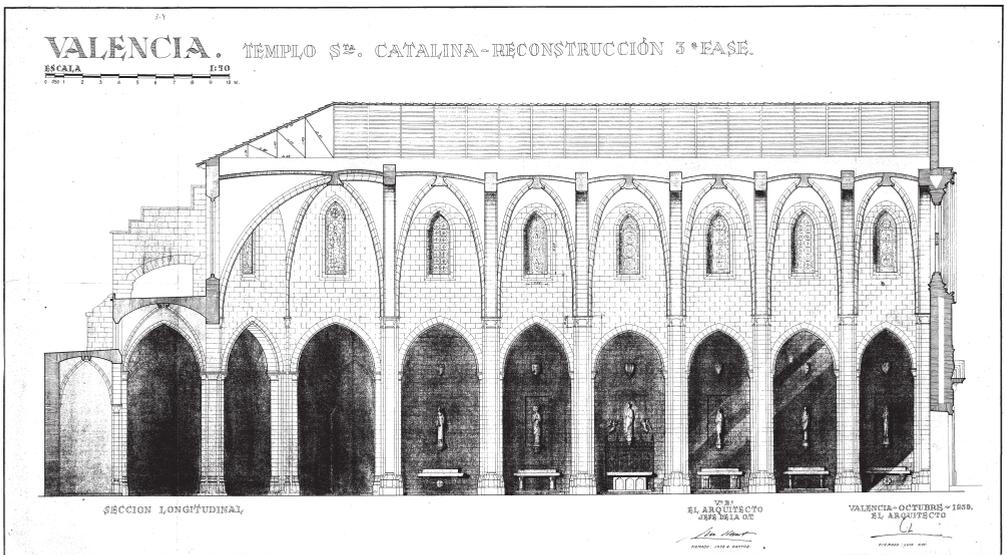
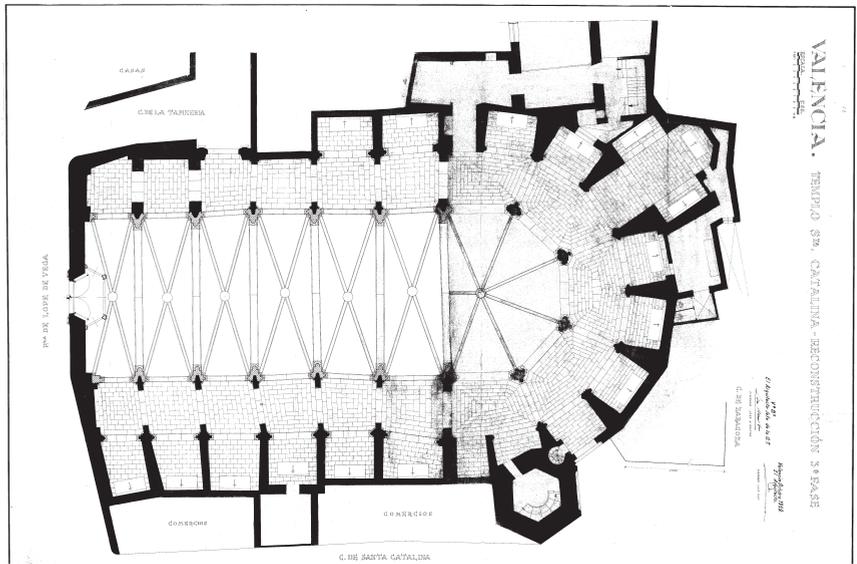
Elaboración_

Luis Gay Ramos. 1953.



Imágenes 5.13 y 5.14
 Planos para la Fase 3ª del Proyecto de reconstrucción del templo de Santa Catalina en Valencia. Planta con las bóvedas de piedra de la nave central desmontadas y sección longitudinal por la nave central mostrando su reconstrucción con ladrillo.

Elaboración
 Luis Gay Ramos. 1955.



Imágenes 5.15 y 5.16

Planos para la Fase 3ª del Proyecto de reconstrucción del templo de Santa Catalina en Valencia. Planta con las bóvedas de piedra de la nave central desmontadas y sección longitudinal por la nave central mostrando su reconstrucción con ladrillo.

Elaboración

Luis Gay Ramos. 1955.

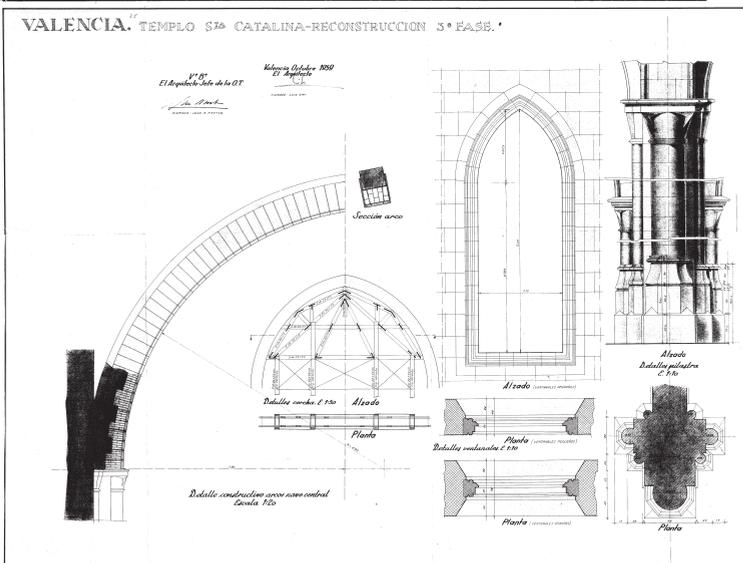
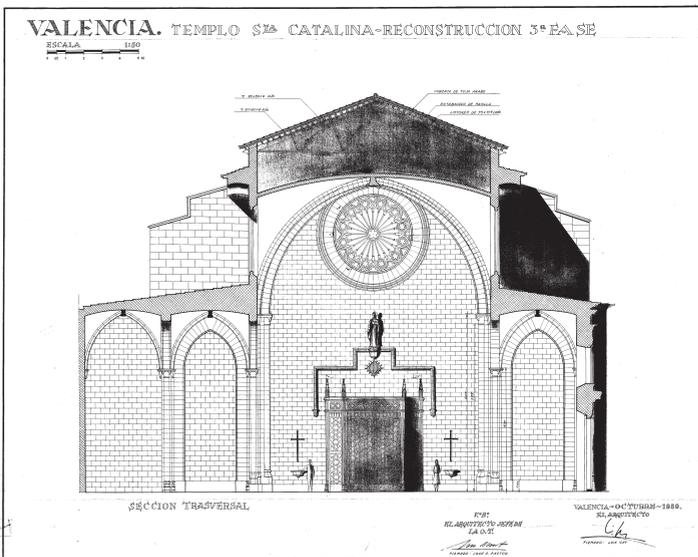


Imagen 5.17_

Fotografía que muestra los daños en el imafrente desde la nave central tras eliminar la nave central tras eliminar el revestimiento neoclásico y dejar vista la estructura gótica. Se aprecia el grave estado en el que se encuentran los muros y las huellas de antiguos arcos apuntados.

Elaboración_

Luis Gay Ramos. 1961.



Imagen 5.18_

Fotografía que muestra un ángulo de la nave central con los apeos y estado de agrietamiento y descomposición de sus muros. Aún se aprecia el recubrimiento neoclásico en la cubierta de la nave central, con los arcos fajones de medio punto.

Elaboración_

Luis Gay Ramos. 1961.



Imagen 5.19_

Vista del mismo ángulo anterior pero en su estado reconstruido. Se ha recuperado la imagen gótica, con los arcos fajones apuntados y dejando la piedra vista tanto en los nervios de las bóvedas como en los arcos. Las bóvedas se han hecho de ladrillo.

Elaboración_

Luis Gay Ramos. 1961.

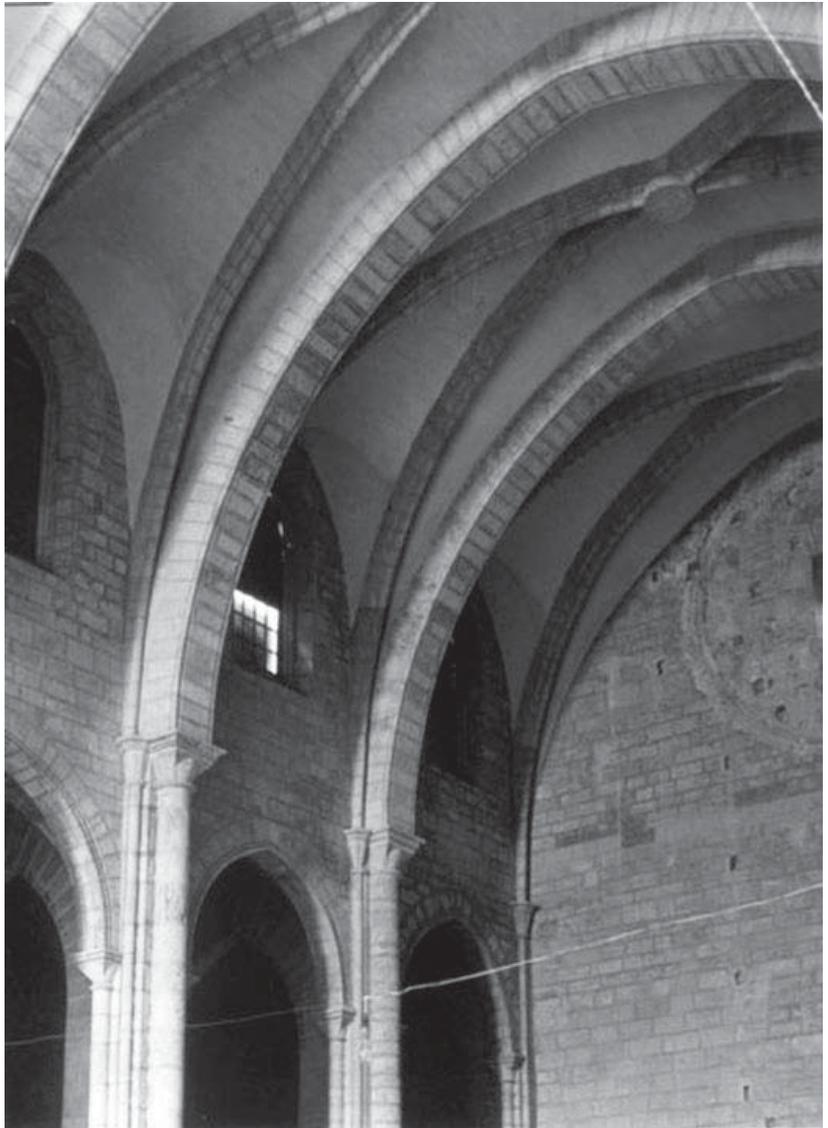


Imagen 5.20_

Fotografía de un ángulo de la nave central con escombros que muestran su ruina y el "pesado" cascarón neoclásico al que Gay hace referencia continuamente en su memoria como una de las causas de los daños de la estructura.

Elaboración_

Luis Gay Ramos. 1961.



Imagen 5.21_

Vista del mismo ángulo anterior en su estado reconstruido. Se ha recuperado la imagen gótica, dejando las claves de las bóvedas lisas, sin labrar, indicando de esta manera que es una reconstrucción posterior y evitando los falsos históricos.

Elaboración_

Luis Gay Ramos. 1961.



Imagen 5.22_

Fotografía de parte de la girola antes de su reconstrucción. Se aprecian los graves daños estructurales y los escombros producidos tras el impacto de una bomba en el ábside durante la guerra civil. Todavía se ve el revestimiento neoclásico.

Elaboración_

Luis Gay Ramos. 1961.

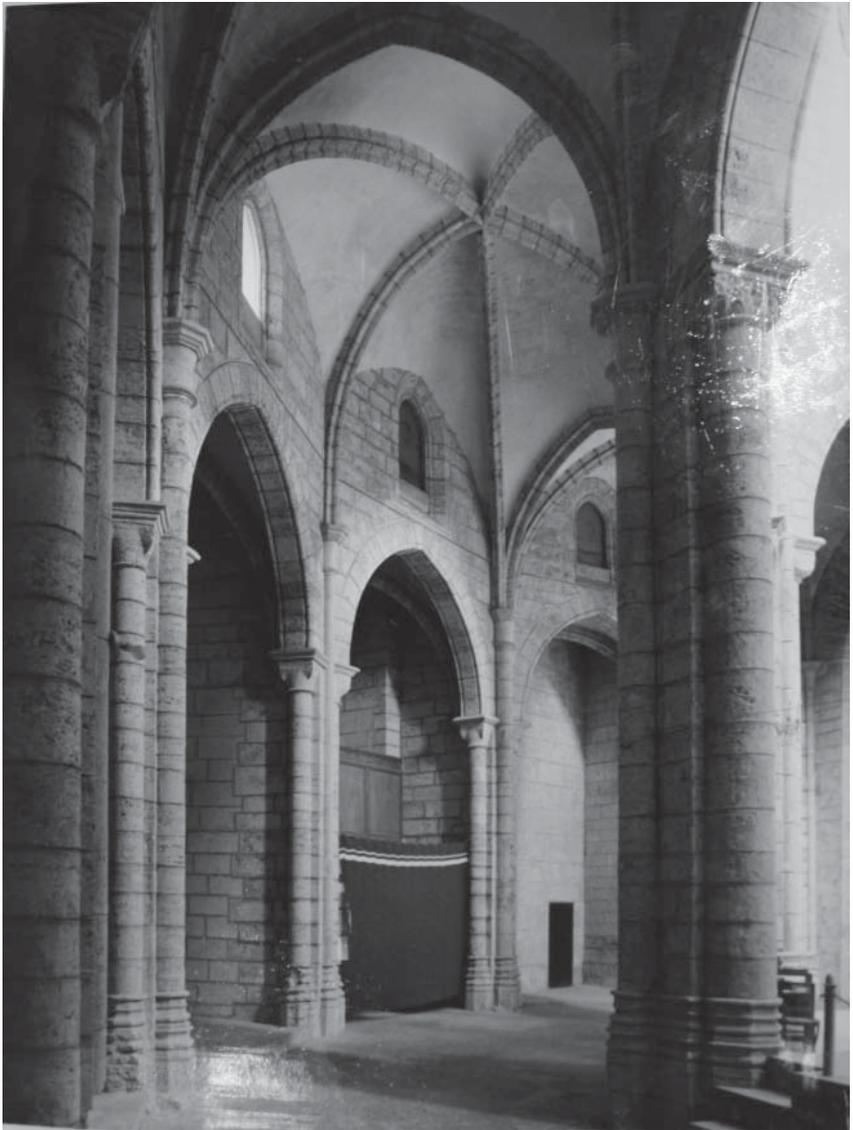


Imagen 5.23_

Vista del mismo ángulo anterior en la girola de la iglesia tras su reconstrucción. La recuperación de la imagen gótica se hace patente al dejar la piedra desnuda, recuperando también los capiteles y las molduras en las bases de las pilastras.

Elaboración_

Luis Gay Ramos. 1961.





Imágenes 5.24, 5.25 y 5.26_
Fotografías del campanario con las campanas originales, con el reloj y, por último, con el hueco vacío (ni campanas ni reloj, no comunica)

Elaboración_

Izquierda: Hauser y Menet, anterior a 1902.

Centro: Archivo Mas Barcelona, anterior a 1939.

Derecha: De la autora. 2014

5.2.2 PROYECTO DE JOSE IGNACIO CASAR_ 2001-2004

La intervención que realizó Luis Gay a mediados del siglo XIX no tuvo ninguna repercusión en la imagen exterior del templo. Estas tareas se encargan a José Ignacio Casar Pinazo en el año 2001. Se realiza una primera intervención en la torre campanario como obra de emergencia ya que se habían producido desprendimientos de fragmentos de piedra de la sala de campanas. Posteriormente, se actúa sobre las fachadas exteriores de la iglesia recayentes sobre la Plaza Lope de Vega y la Calle Tapinería.

Intervención en el Campanario_

Entre los años 2001 y 2002 se desarrollan los trabajos a realizar en el campanario. Van dirigidos fundamentalmente a consolidar la fábrica de la torre solucionando los problemas de estereotomía que presenta la piedra y el rejuntado de ésta, problemas debidos a una ejecución inadecuada. Para ello se elimina la vegetación existente en las cornisas superiores, se reparan las roturas en los aletones eliminando las grapas metálicas que unían los sillares y que estaban completamente corroidas. Se limpian las juntas eliminando los fragmentos sueltos de mortero y se rellenan con lechada de cal hidráulica completando todos los espacios vacíos interiores. En el cuerpo de campanas, donde se encuentra el despiece más irregular de la piedra, se encuentran juntas de más de 10 cm. Se limpia también la piedra, siendo ésta una tarea muy laboriosa debido al gran porcentaje de piedra ornamental. Se deja un testigo de limpieza, bajo la cornisa la costra negra alcanzaba espesores de hasta 1 cm. Por último, se coloca un sistema de alejamiento de aves.

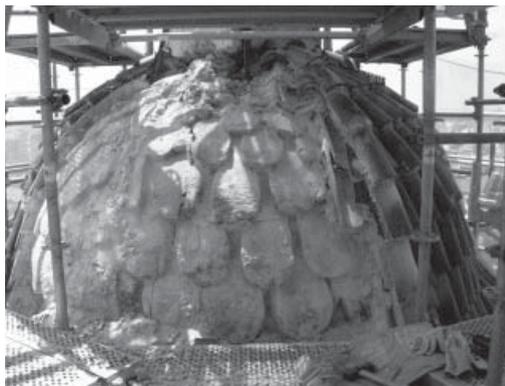
También se desmonta el reloj que se colocó a principios del siglo XX y cegaba uno de los huecos de la fachada en la sala de campanas, además de provocar la caída de fragmentos de piedra a la vía pública debido a la oxidación del zuncho perimetral que lo

Imagen 5.27_

Intervención sobre el cupulín del remate superior del campanario. Retirando el revestimiento de teja se descubre la cubierta original de piedra con labrado exterior en escama de pez. Se desmonta y vuelve a montar sustituyendo las piezas defectuosas.

Elaboración_

Jose Ignacio Casar. 2002.



sujetaba. De este modo se devuelve a la torre su aspecto original recuperando el hueco pero sin campana.

Se interviene también sobre la cúpula de la torre, independizando el movimiento de la veleta ya que ésta era la causa principal de sus lesiones. Se retira el revestimiento de teja del remate superior y se descubre la cubierta original de este cupulín que estaba formada por una cúpula de sillería de una sola hoja con acabado exterior labrado en escama de pez. Se desmonta la cúpula numerando las piezas recuperables, se sustituyen las dañadas por otras nuevas y se vuelve a montar sobre una cimbra de madera reintegrando las escamas y situando la nueva veleta. Para su sujeción se colocan unos refuerzos metálicos en la base de la cúpula completamente reversibles.

En el interior de la torre, en la escalera de caracol, se limpian todas las superficies y se elimina la instalación del antiguo tendido eléctrico que estaba colocado exento en el hueco de la escalera. En los escalones se sustituyen 30 mampelanes de madera que estaban afectados por la carcoma y se aplica un tratamiento al resto. Se sanea la barandilla y se procede al encalado de paredes, techo, pasamanos y contrahuella de escalones. En la escalera de caracol que da acceso a la girola también se realizaron operaciones de limpieza y consolidación pétreo. En el exterior se retira el contrafuerte de la iglesia adosado a la garita al existir restos de una cornisa corrida y moldurada.

En el cuerpo de campanas se eliminan los tabiques que tapiaban tres de las seis arcadas desde el interior. Se desmonta la única campana ubicada en la cara sureste y se traslada para restaurarla en los talleres Manclús. La limpieza de la piedra se realiza con proyección de microesfera en las paredes, interior de los arcos y bóveda. Las vigas de madera se tratan contra el ataque de xilófagos y se reconstruye la pérdida de volumen y grietas que sufrían. Se coloca una escalera de hierro galvanizado para acceder al remate de la torre. Finalmente se colocan redes antipalomas en cada ventana.



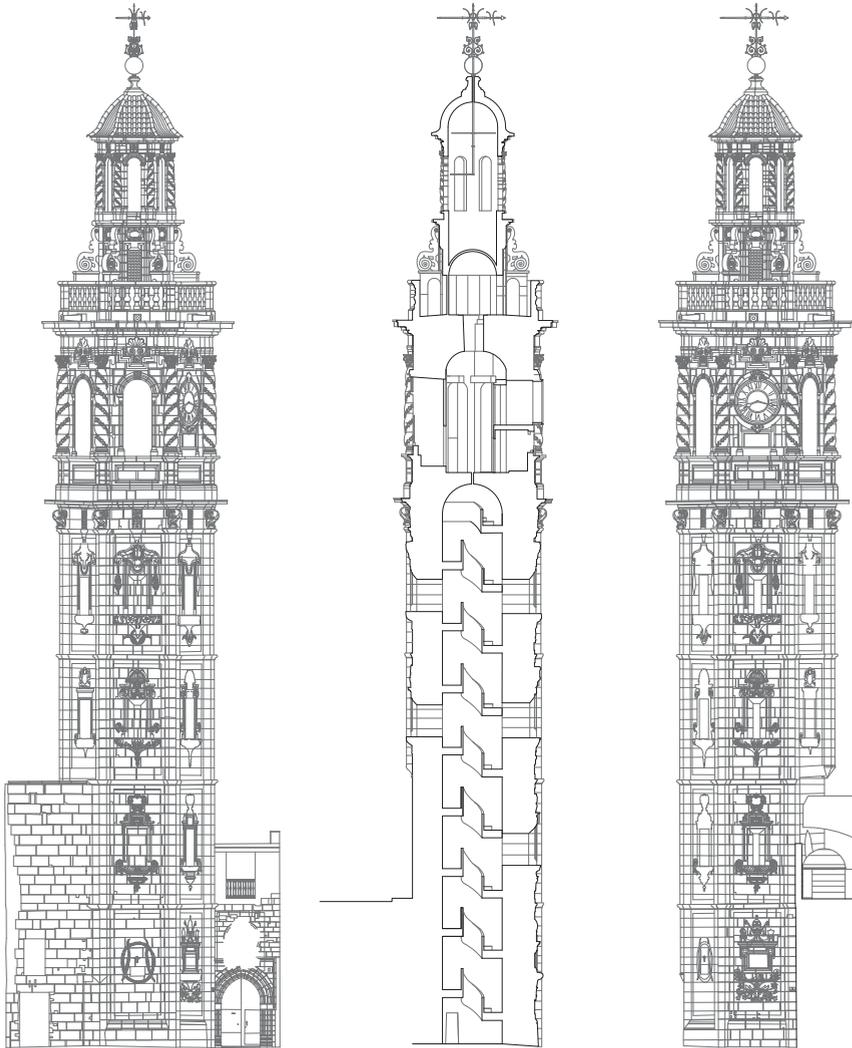
Imágenes 5.28 y 5.29_

Izquierda: Juntas en mal estado y con pérdida de material. Se procede al picado y saneado previo a los trabajos de consolidación de la fábrica.

Inferior: Planos de alzados y sección vertical del campanario.

Elaboración_

Jose Ignacio Casar. 2002.



ALZADO SURESTE

SECCION VERTICAL

ALZADO ESTE

0 1 2 3 4 5 m.

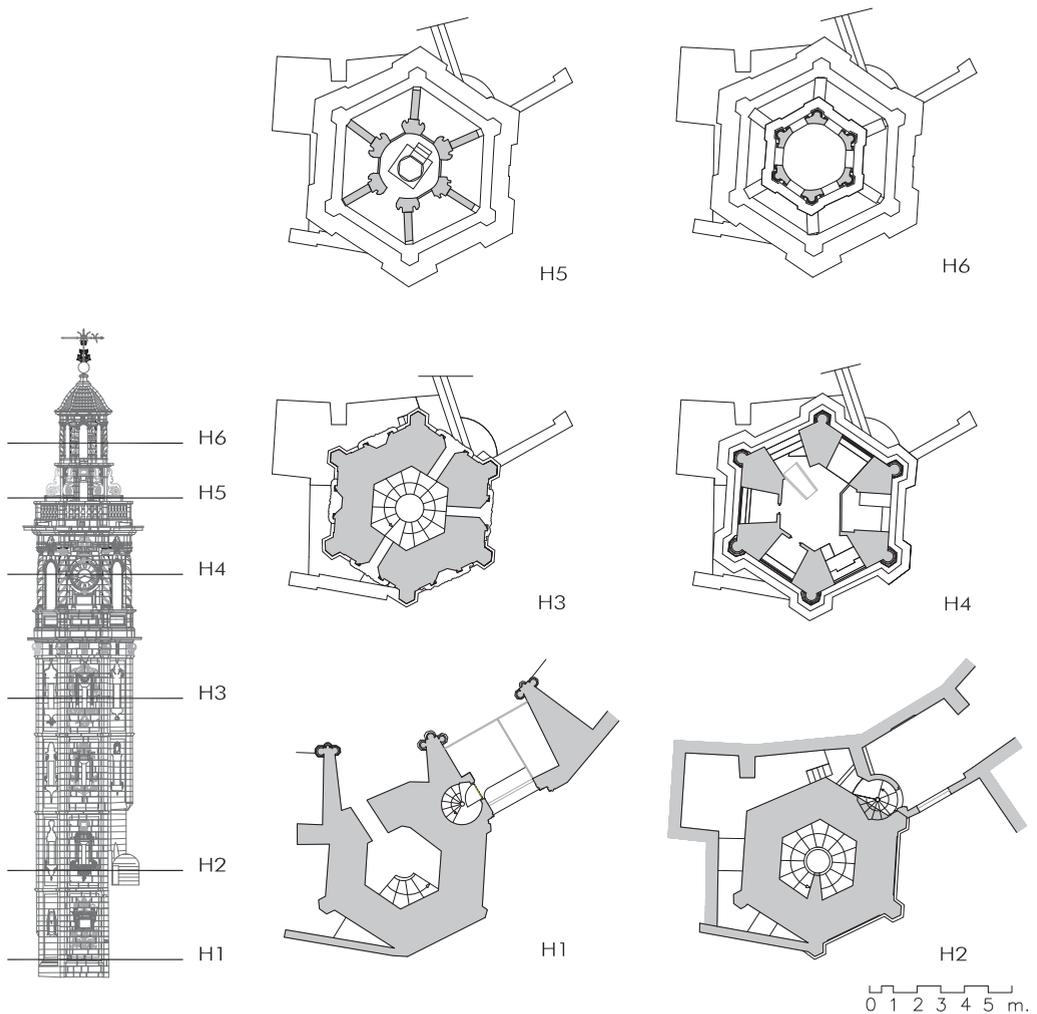
Imágenes 5.30 y 5.31_

Derecha: Aletón rehabilitado del remate superior del campanario. Se ha rellenado las juntas y se ha limpiado la piedra con microcincel y microtorno e hidrofugación.

Inferior: Planos de planta del campanario realizados a distintas cotas.

Elaboración_

Jose Ignacio Casar. 2002.





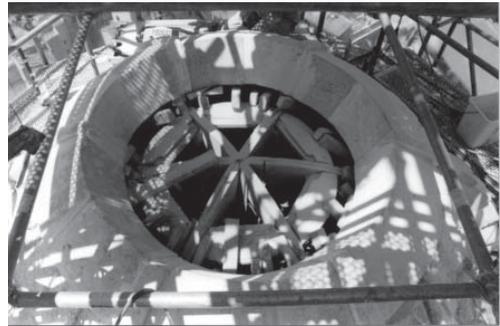
Imágenes 5.32, 5.33 y 5.34_
 Izquierda: Consolidación de la fábrica mediante inyección de lechada de cal hidráulica.

Inferior izquierda: Montaje del andamio. Altura total: 54 metros.

Inferior derecha: Proceso de montaje del cupulín.

Elaboración_

Jose Ignacio Casar. 2002.

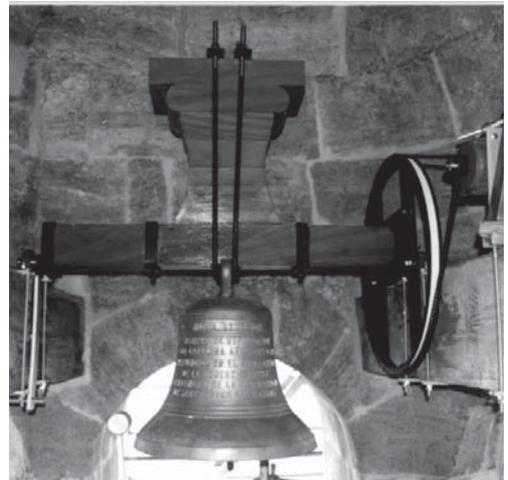
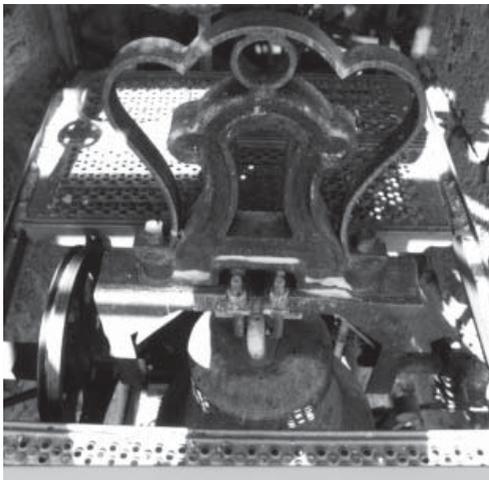
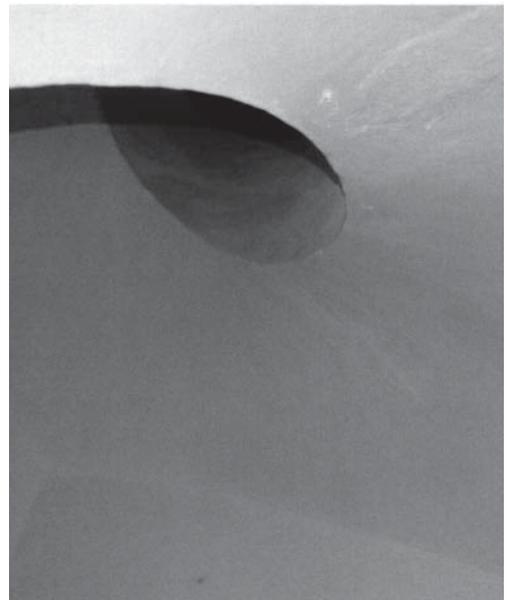


Imágenes 5.35, 5.36 y 5.37_

Derecha: Veleta restaurada.
Centro: Interior de la escalera de caracol antes (izquierda) y después (derecha) de su limpieza.
Inferior: Recuperación de la única campana de la torre, resituada como campana menor.

Elaboración_

Jose Ignacio Casar. 2002.



Intervención en las fachadas_

Una vez terminada la rehabilitación del campanario, Casar se encarga de restaurar las fachadas de la iglesia entre los años 2002 y 2004. Las fachadas, y especialmente la recayente a la Plaza Lope de Vega, son un reflejo de distintos momentos constructivos del templo, su fábrica muestra la complejidad de la evolución del edificio. Luis Gay recuperó la versión gótica de la fábrica para el interior de la Iglesia. La restauración de su exterior obliga a Casar a realizar una investigación documental exhaustiva con la finalidad de plantear una restauración respetuosa y mantener identificables en las fachadas las distintas etapas de su historia. No obstante, ni en las intervenciones de Luis Gay y José Ignacio Casar ni en la reurbanización de la Plaza Lope de Vega, se han realizado estudios arqueológicos que podrían aportar datos muy importantes respecto a su historia y construcción. El estudio previo que realiza Casar le lleva a descubrir interesantes contradicciones, tal y como reconoce en el siguiente texto:

“La investigación documental ha permitido desentrañar algunos misterios, fundamentar leyendas y suscita, por otra parte, nuevos niveles de confusión cuando se contrastan los datos que se aportan con las primeras imágenes del edificio. Así mientras los documentos conservados en el Archivo Municipal constituyen una magnífica explicación al extraño revoco existente en la esquina noroeste de la fachada y aún a las trazas de edificio y a su materialización constructiva, las series documentales del siglo XIV custodiadas en el Archivo del Reino y de la Catedral de Valencia apoyan con solvencia la hipótesis de Torró Abad sobre la secuencia constructiva de la fábrica, mientras que la imagen recogida en Van der Wijngaerde de 1563 –constatada en un dibujo preparatorio y luego ratificada en el definitivo- muestra una iglesia con nave central de cuatro tramos. Quedan pues las incógnitas que han de servir para captar mayores atenciones y estudios en aras a desentrañar una historia que nunca será del todo unívoca ni cierta.”⁸⁵

⁸⁵ _ Casar, 2001.

Además de estudiar la documentación escrita y gráfica existente sobre el templo, se estudia el edificio como una fuente más de información, realizando una lectura de sus fábricas, catas y caracterizaciones de sus materiales tanto los pétreos como sus revestimientos. Se realiza también un levantamiento fotogramétrico de las fachadas y las crujías adyacentes reflejando las importantes deformaciones que sufre la estructura de la iglesia, según comenta Casar:

“Este documento ha permitido constatar los importantes desplomes existentes en la esquina Lope de Vega con Tapinería y la desviación existente entre los arcos fajones de la nave de la epístola y sus respectivos contrafuertes”.

Gay ya había percibido estas deformaciones y había implementado refuerzos consiguiendo estabilizar las grietas que existían. Casar se encarga pues de comprobar el estado de estos refuerzos para garantizar que la fábrica se encuentra en niveles óptimos de servicio. Tras realizar todos estos estudios, Casar aborda el proyecto de rehabilitación con la intención de no borrar ninguna huella que pueda ser útil para entender la evolución constructiva de la fábrica.

Un objetivo esencial en la intervención sobre la fachada recayente a la Plaza Lope de Vega es recuperar la imagen original del imafrente de la iglesia, en ese momento contaminada por la aparición de la cumbra del último tramo de la cubierta a dos aguas. No es posible recuperar la cubierta plana original debido al sistema de abovedamiento realizado por Gay. Sin embargo, puede recuperarse la imagen adintelada del imafrente rebajando el nivel del último tramo de cubierta inclinada permitiéndolo referenciarlo tipológicamente. También se limpian las distintas capas de revestimientos de la sillería de la fachada, dejando aquellos que sean compatibles con la contemporaneidad de la solución adoptada para la fachada.

Otras obras menores pero de igual importancia surgen al caracterizar los elementos arquitectónicos existentes en la fachada. Se estudia el relleno de los arcosolios exteriores y del óculo pequeño situado en el lado de la Epístola. La solución que se adopta es rebajar sus rellenos recuperando la profundidad del hueco y revistiendo el plano del fondo con un material ajeno a la fábrica, expresando la incógnita acerca de su uso original.

Para la huella de la sacristía de la capilla de la Virgen de la Paz, se pretende adoptar una actuación de integración visual. Además hay una fábrica de ladrillo junto a las argollas y soporte del mástil del tribunal del mustassaf, podría pertenecer a un acceso para manipular las banderas. Se propone una protección de madera que recuerde ese uso, uso que desapareció en 1510 cuando se construyó la capilla de la Virgen de la Paz.

El rosetón de la nave central se repara en su parte superior para solucionar una intervención anterior en la que las dovelas superiores se colocaban de una manera adintelada. Casar recupera la continuidad de la línea curva del rosetón. Se recupera el óculo correspondiente a la nave de la Epístola con la tracería encontrada al eliminar el mortero que lo cegaba y se descubre la existencia de otro óculo simétrico en el lado del Evangelio. Esa zona del imafronte responde a un cúmulo de actuaciones difíciles de explicar, como la incompatibilidad del rosetón con la Capilla de la Paz, pero la verdad es una obra inacabada de tiempo.

Por último, la intervención en la fachada recayente a la Calle Tapinería se reduce a limpiar y consolidar el revestimiento que cubre la fábrica, cumpliendo la misión de ofrecer la imagen neoclásica correspondiente a la intervención que sufrió en el siglo XVIII.

A continuación se adjuntan los planos del proyecto de intervención en el campanario y en las fachadas. Se muestran también imágenes comparando la situación anterior y posterior a la intervención de Casar y, por último, fotos inéditas de la ejecución de las obras incidiendo en las intervenciones explicadas.

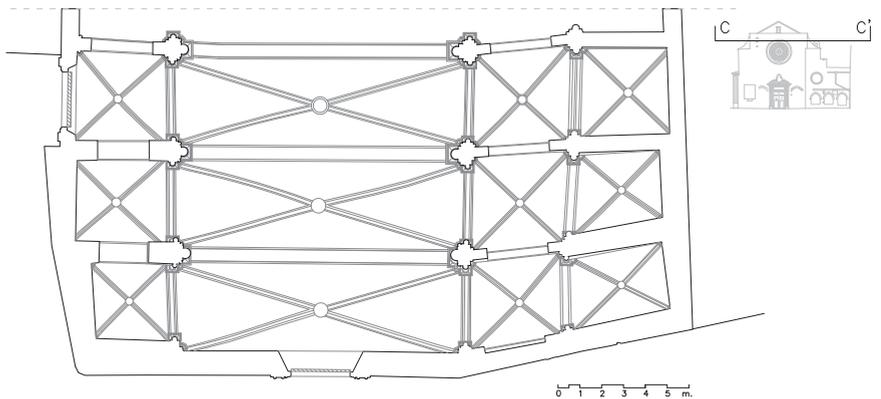
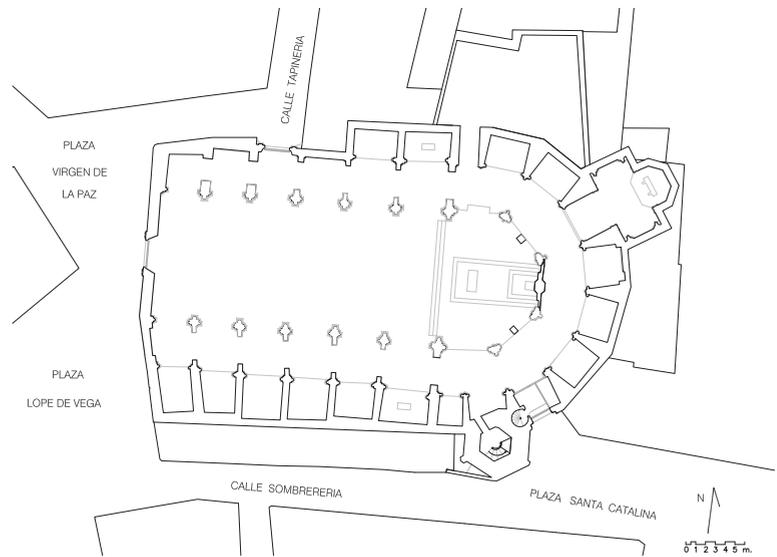
Imágenes 5.38 y 5.39_

Superior: Sección horizontal a cota +1.5 metros. Planta de distribución.

Inferior: Planta cenital mostrando el trazado de las bóvedas de los tres últimos tramos de los pies de la Iglesia.

Elaboración_

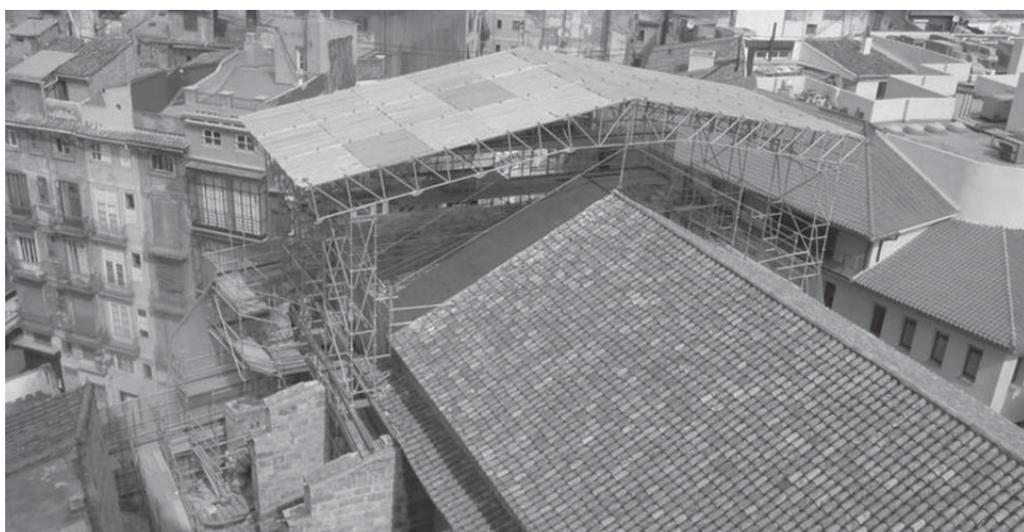
José Ignacio Casar. 2002.





Imágenes 5.40, 5.41 y 5.42_
Derecha: Estado de la cubierta previo a la intervención.
Centro: Andamio sobre la cubierta durante las obras.
Inferior: Cubierta una vez finalizados los trabajos, eliminando la interferencia que la cumbre causaba sobre el imafronte.

Elaboración_
José Ignacio Casar. 2002.



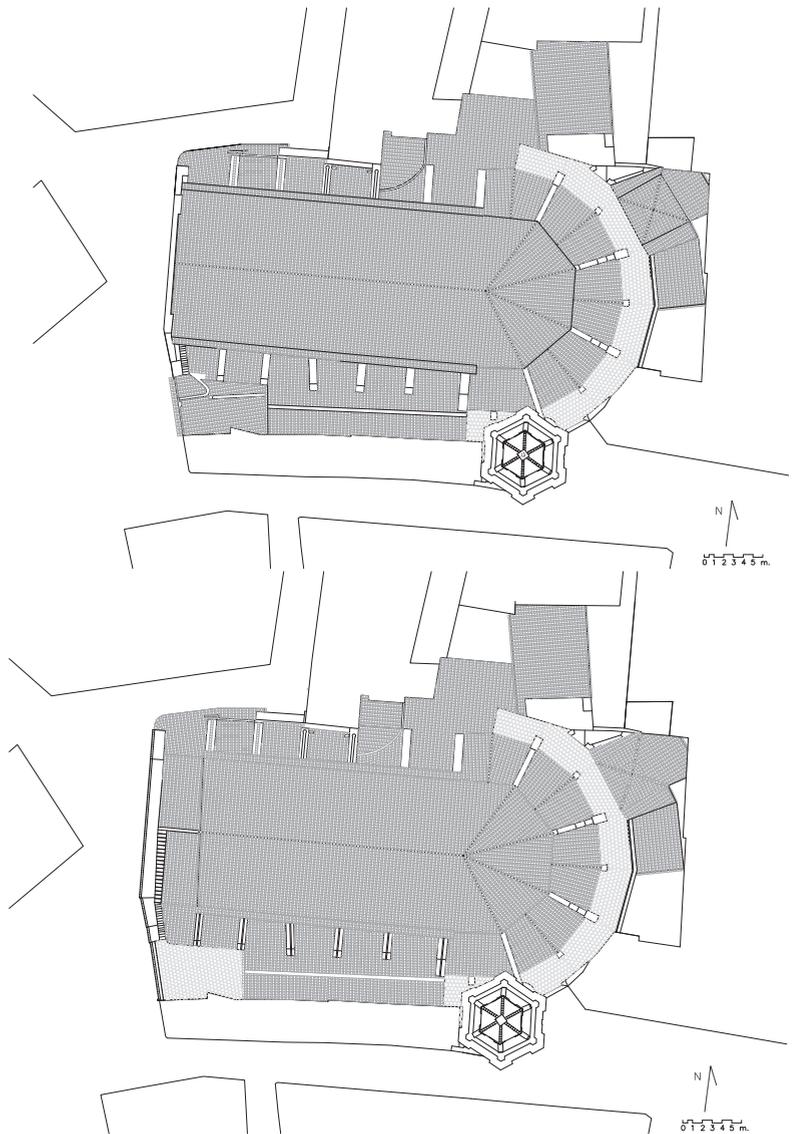
Imágenes 5.43 y 5.44_

Superior: Planta de cubiertas del estado previo a la intervención. Destacar el encuentro de la cumbrera con el imafronte.

Inferior: Planta de cubiertas propuesta. Se propone rebajar la cota de la cubierta del tramo contiguo al imafronte.

Elaboración_

José Ignacio Casar. 2002.



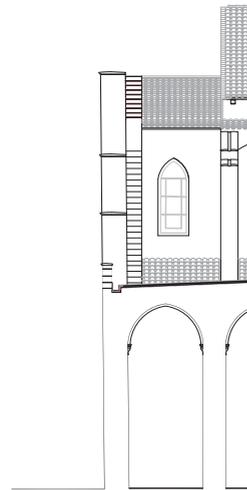
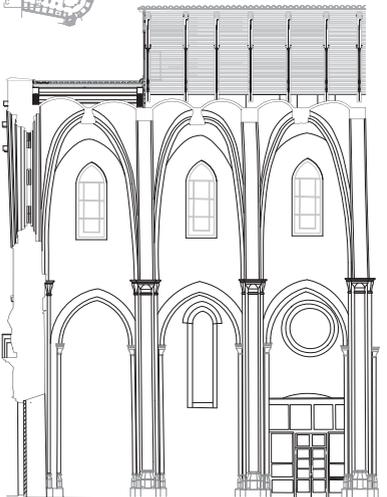


Imágenes 5.45, 5.46 y 5.47_
 Izquierda: Portada de la girola previa a su restauración.
 Centro: Sección transversal.
 Inferior: Secciones longitudinales por la nave central (izquierda) y la nave lateral (derecha). Se aprecia el rebaje de la cubierta en su encuentro con el imafrente.

Elaboración_
 José Ignacio Casar. 2002.



0 1 2 3 4 5 m.



0 1 2 3 4 5 m.

Imágenes 5.48, 5.49 y 5.50_

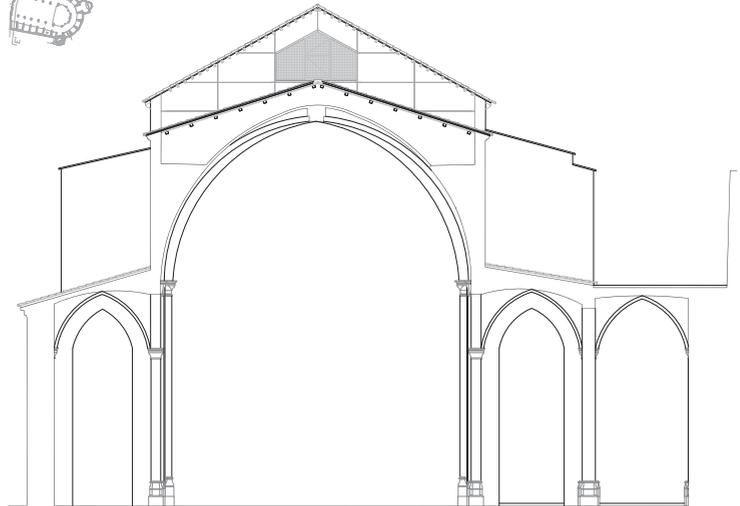
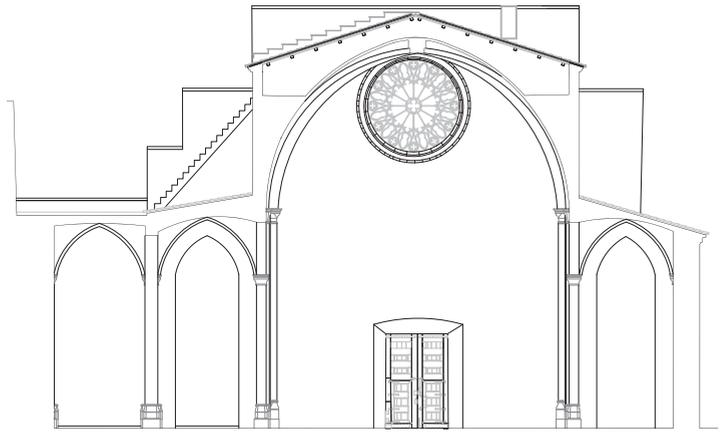
Derecha: Portada de la giro-
la restaurada.

Centro: Sección transversal
por el primer tramo mirando
al imafrente.

Inferior: Sección transversal
mirando hacia el altar. Se ve
la proyección de la cubierta
del resto de tramos.

Elaboración_

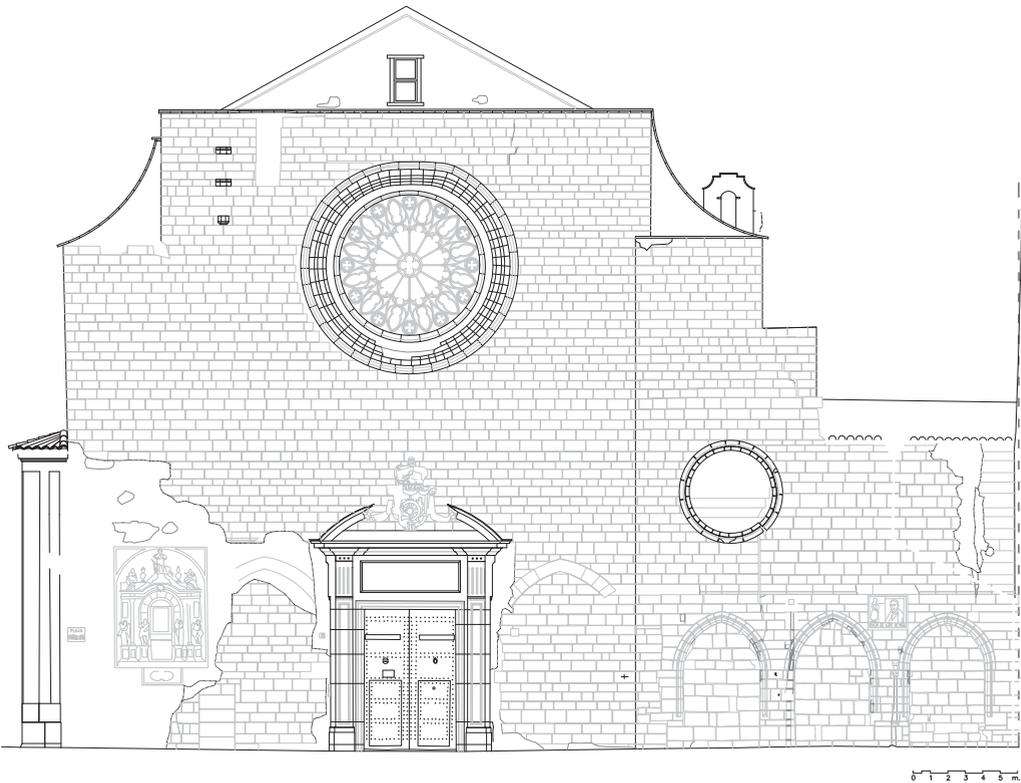
José Ignacio Casar. 2002-4.





Imágenes 5.51 y 5.52_
Fachada recayente a la Plaza Lope de Vega previa a su restauración. Destaca la presencia de la cubierta en el imafrente, así como los óculos de las naves laterales cegados y se insinuan los arcosolios. Se mantiene la referencia al almotacén.

Elaboración_
Jose Ignacio Casar. 2002.

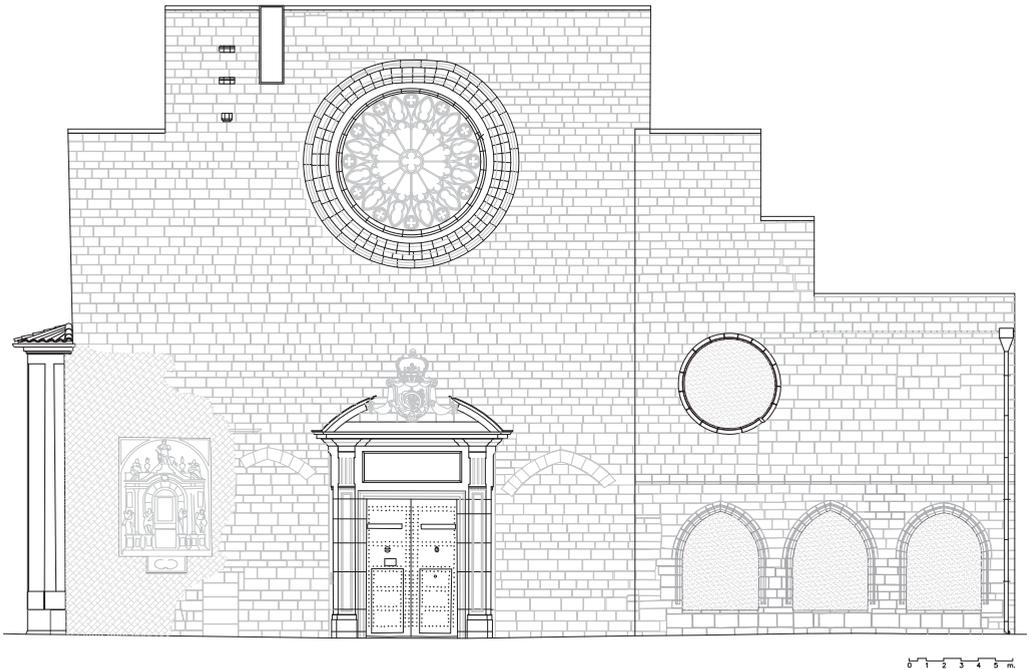


Imágenes 5.53 y 5.54_

Fachada recayente a la Plaza Lope de Vega tras su restauración. Resaltar la recuperación de la imagen del imafronte, retirando el último tramo de cubierta. Se vacían los huecos tanto de los óculos de las naves centrales como de los arcosolios.

Elaboración_

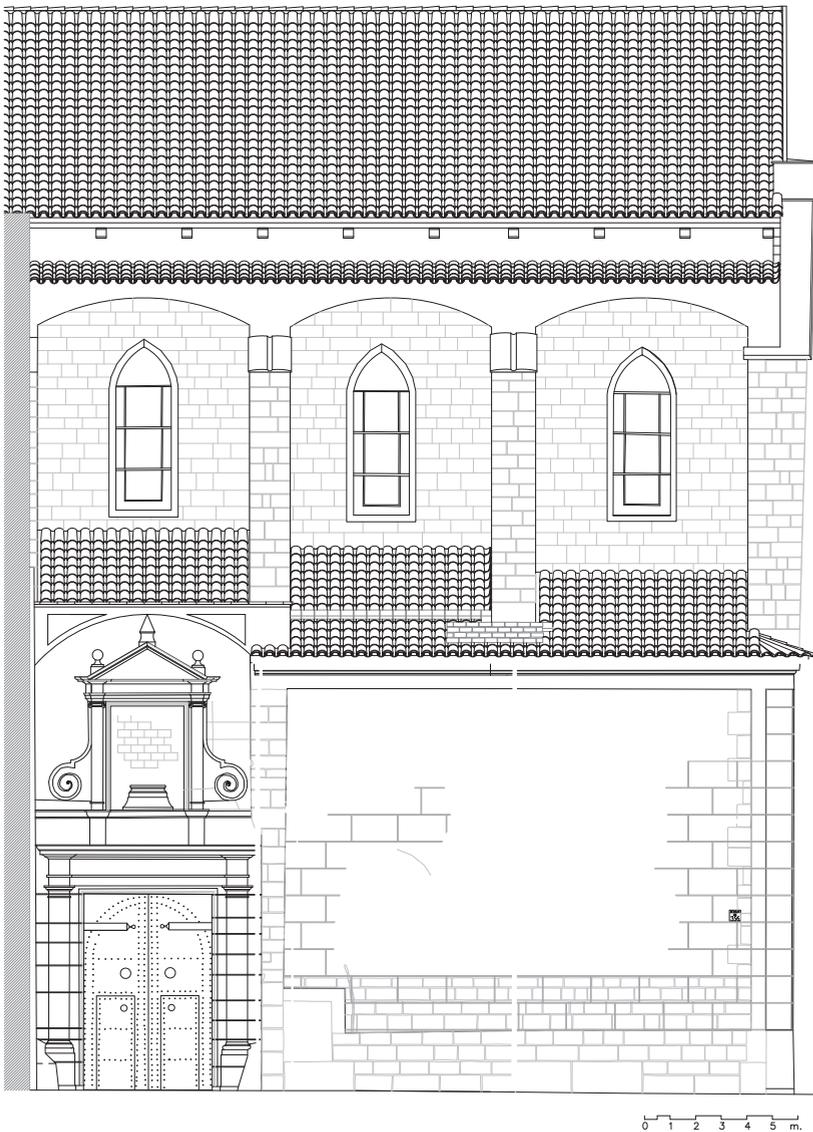
Jose Ignacio Casar. 2002-4.





Imágenes 5.55 y 5.56_
 Fachada recayente a la Calle Tapinería previa a su intervención. Esta imagen resulta hoy imposible de tener debido a la construcción del edificio de la Fundación Adeit justo enfrente. Llama la atención la fuerte presencia de los contrafuertes.

Elaboración_
 Jose Ignacio Casar. 2002.



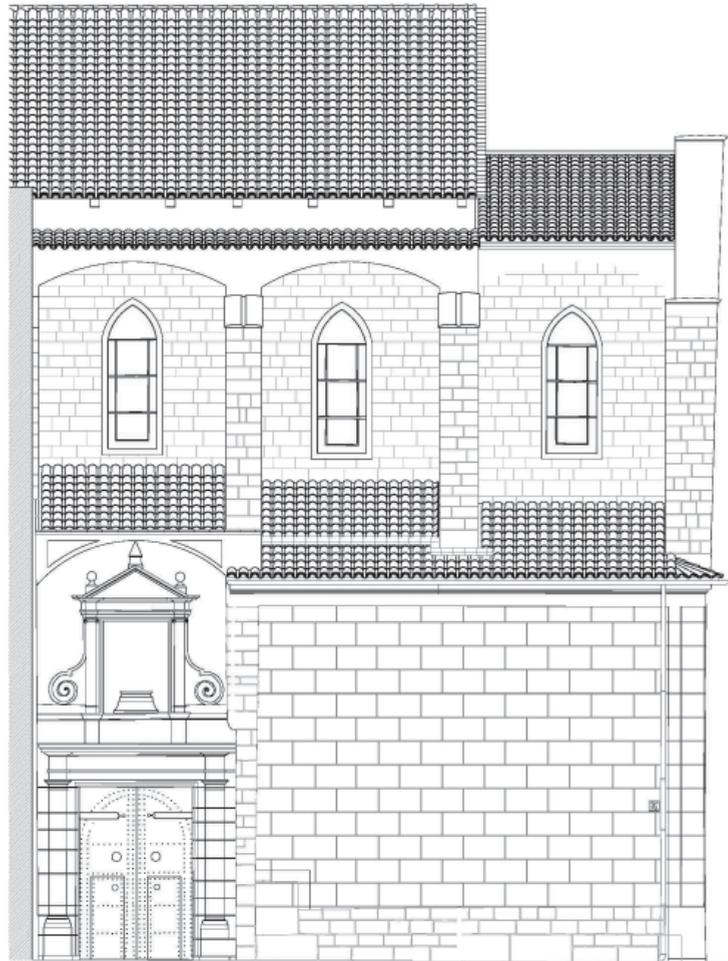
Imágenes 5.57 y 5.58_

Fachada recayente a la Calle Tapinería tras su intervención. La imagen de la izquierda muestra la portada de acceso a la nave del Evangelio y la imagen de la derecha la recuperación del recubrimiento neoclásico de la intervención del siglo XVIII.



Elaboración_

Jose Ignacio Casar. 2002-4.

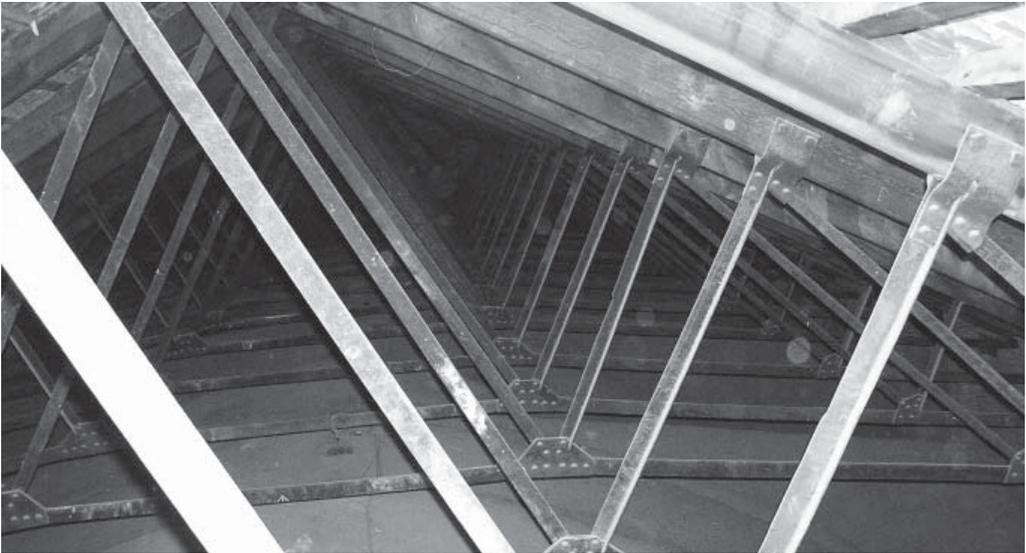


0 1 2 3 4 5 m.



Imágenes 5.59, 5.60 y 5.61
Izquierda: Gárgola original que indica el nivel de la antigua cubierta plana.
Centro: Limpieza de las cerchas no afectadas por la intervención.
Inferior: Colocación de la nueva cubierta sobre el primer tramo junto al imafrente

Elaboración
Jose Ignacio Casar. 2004.



Imágenes 5.62, 5.63 y 5.64_

Derecha: Huella de la antigua escalera de caracol junto a los arcosolios.

Centro: Restauración de los arcosolios.

Inferior: Intervención en el óculo de la Epístola, recuperación de la tracería y apertura del hueco al interior.

Elaboración_

Jose Ignacio Casar. 2004.



5.3 ESCANEADO LÁSER.

El escaneado láser 3D es una técnica no destructiva frecuentemente utilizada en el estudio del patrimonio arquitectónico. Su funcionamiento consiste en generar una nube de puntos que reproduce el edificio objeto de estudio y su entorno próximo. Para conseguir el modelo completo del edificio deben realizarse múltiples tomas desde direcciones diferentes que proporcionen datos de todos los lados del edificio. Estos escaneos se integran en un sistema de referencia común de modo que a través de un proceso de alineación de la información obtenida en todas las estaciones se consigue un modelo completo en un único archivo. Este modelo reproduce fielmente la volumetría actual del templo, incluyendo sus deformaciones y desplomes, y proporciona una información muy precisa a partir de la cual realizar su levantamiento geométrico.

La toma de datos se realizó entre los meses de febrero y abril de 2015 por el equipo formado por D. Pablo Navarro Camallonga (investigador FPU en el Instituto de Restauración del Patrimonio de la Universidad Politécnica de Valencia) y D. José Herraez Boquera (catedrático en el Departamento de Ingeniería Cartográfica Geodesia y Fotogrametría de la Escuela Técnica Superior de Caminos de la Universidad Politécnica de Valencia). El escáner láser 3D utilizado es el modelo LEICA de Geosystems.

En el caso de la Iglesia de Santa Catalina se realizaron 100 estaciones de las cuales 8 fueron en el exterior, 31 en el interior de la iglesia y 61 en el campanario. Para la fusión de todas las nubes de puntos obtenidas se ha utilizado el programa informático Cyclone 9.0 de Leica Geosystems, con el que ha sido posible obtener el volumen total de la Iglesia y su campanario en una nube de puntos única de aproximadamente 35 millones de puntos. En la estación número 31 se realizó además una fotografía 3D del templo. Una vez generado el archivo de extensión .pts con el programa Cyclone, y dada la complejidad de manipular tantos datos directamente con programas CAD, se utiliza la

aplicación Escuadra convirtiendo el archivo en extensión .fpt más fácil de manejar. Este programa lo ha desarrollado el profesor D. Adolfo Alonso Durá en el Departamento de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Valencia. Se realizan un total de 20 cortes: 3 plantas a cotas +1 m, +6.45 m y +9.70 m, además de 8 cortes transversales, 4 cortes longitudinales y 1 radial en la cabecera y 4 cortes más para dibujar las fachadas. Cada uno de estos cortes se exportan a CAD en extensión .dxf y con ellos se trazan las líneas que configuran las secciones, alzados y plantas del templo.

A continuación se muestran los resultados obtenidos con el escaneado láser, la nube de puntos del conjunto de la Iglesia, el campanario y su entorno próximo, así como imágenes de la fotografía en 3d realizada en la nave central. También se aportan imágenes del proceso de generación del levantamiento gráfico desde la nube de puntos con el Cyclone, pasando por la selección de cortes con el Escuadra y terminando con el dibujo en Cad. En el anexo se muestra el levantamiento gráfico elaborado a partir de los datos obtenidos con el escáner láser.

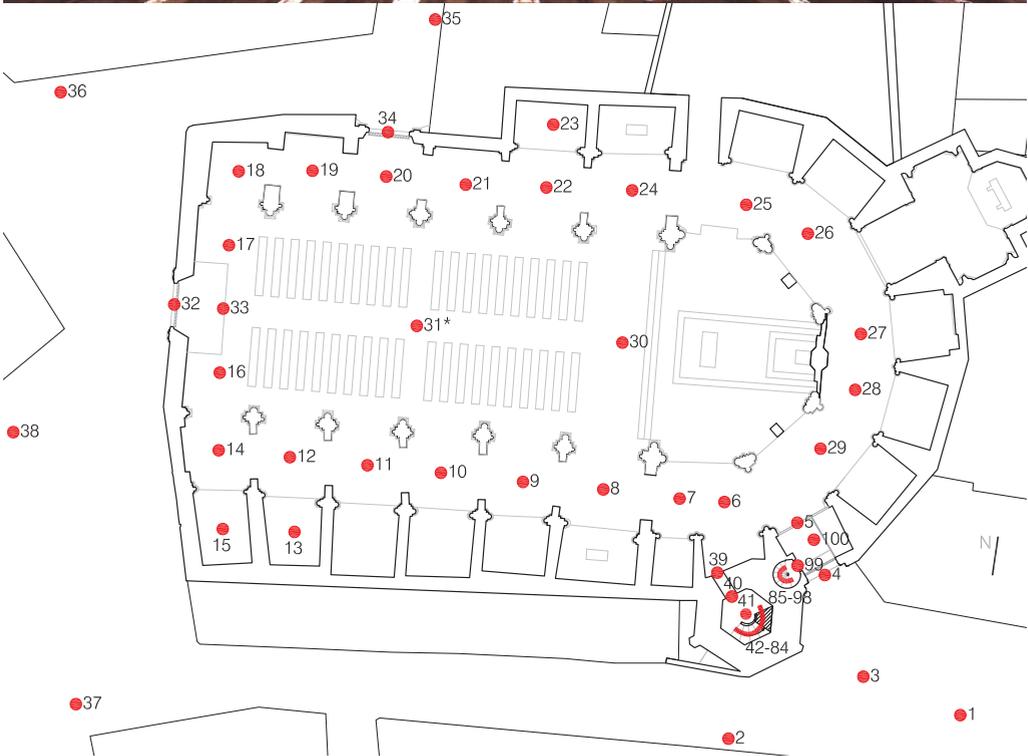
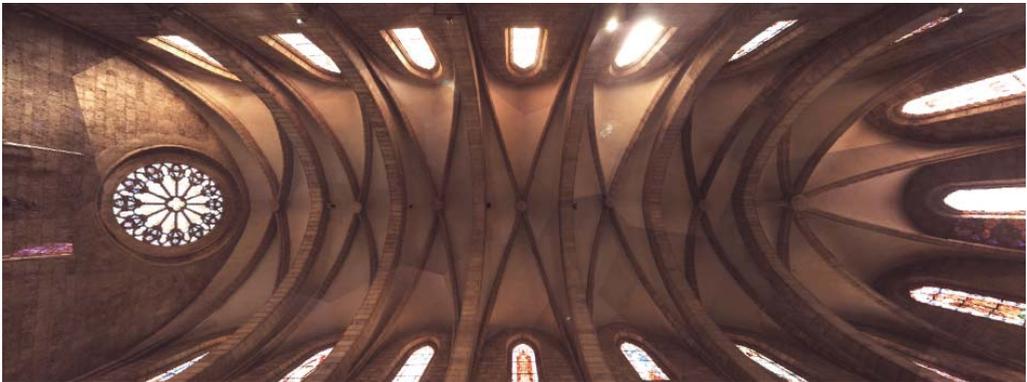
Imágenes 5.65 y 5.66_

Superior: Fotografía 3D que muestra la planta cenital de la Iglesia. Tomada desde la estación número 31*.

Inferior: Planta de la Iglesia que recoge la posición de las 100 estaciones que se han realizado con el Escaner Láser 3D.

Elaboración_

De la autora. 2015.



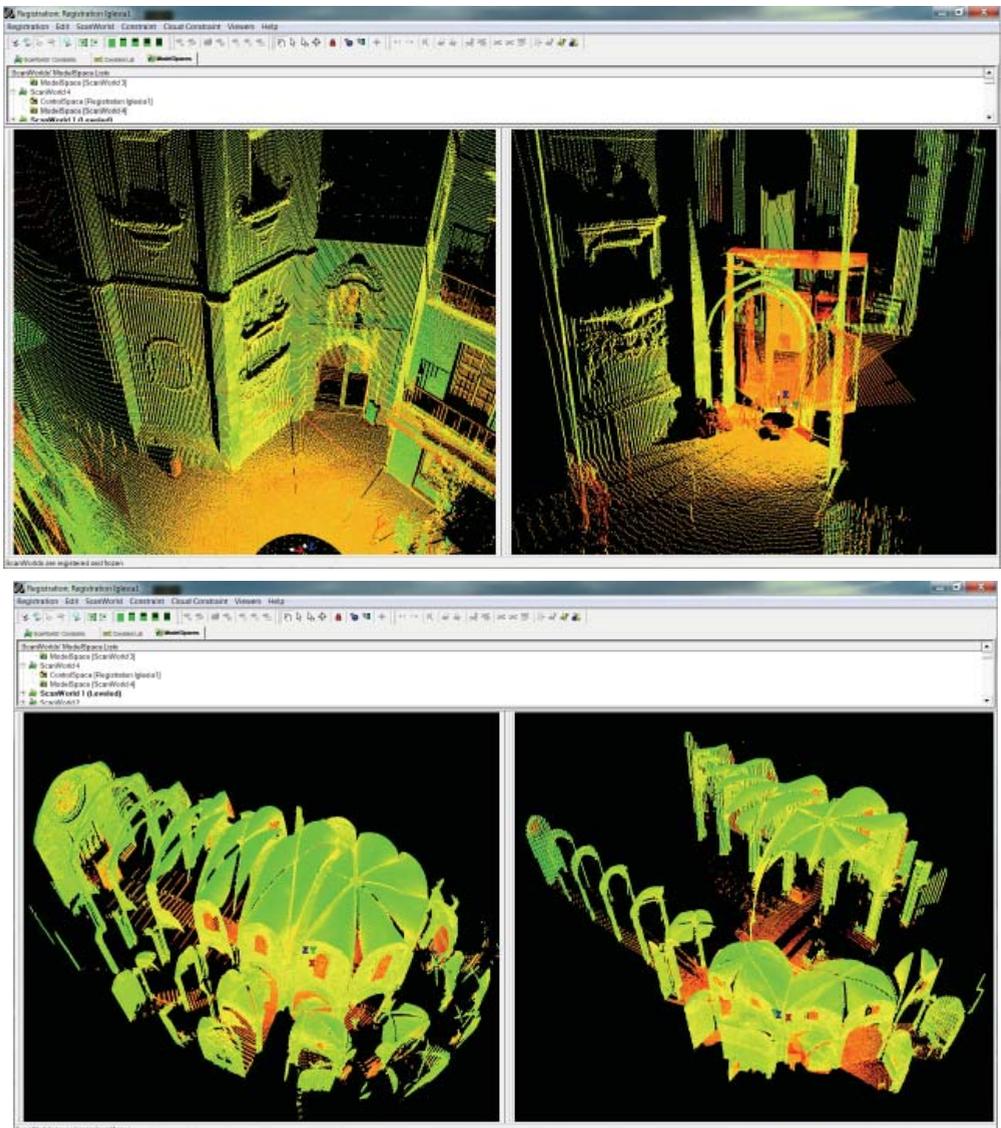
Imágenes 5.67 y 5.68_

Superior: Pantalla del programa Cyclone mostrando la unión de las estaciones 3 (izquierda) y 4 (derecha).

Inferior: Pantalla del programa Cyclone durante la fusión de las estaciones internas número 30 (izquierda) y 6 (derecha).

Elaboración_

De la autora. 2015.



Imágenes 5.69 y 5.70_

Planta cónica de la Iglesia y su entorno inmediato del modelo completo una vez unidas todas las estaciones. Se reconoce incluso la fachada del Miguelete y de la Catedral, mostrando el alcance del Escáner Láser utilizado.

Elaboración_

De la autora. 2015.

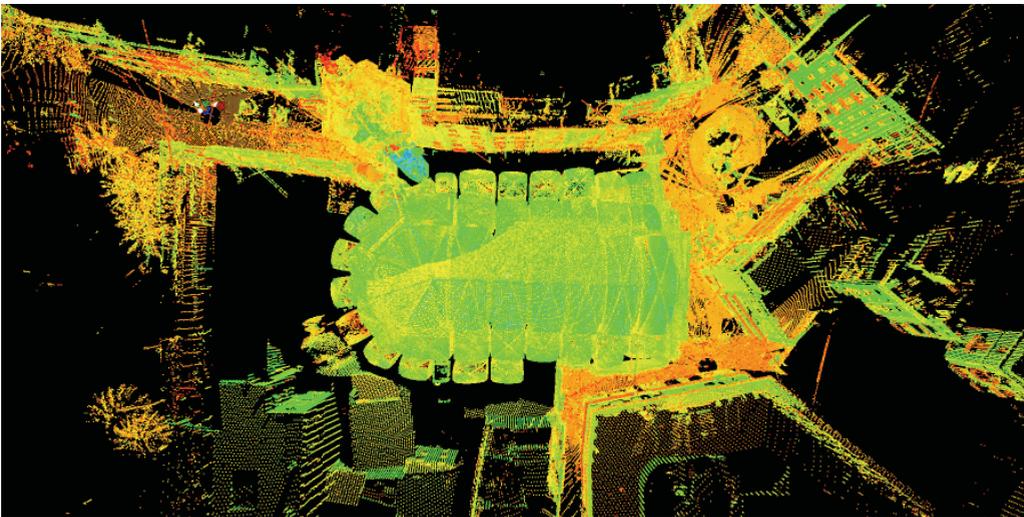
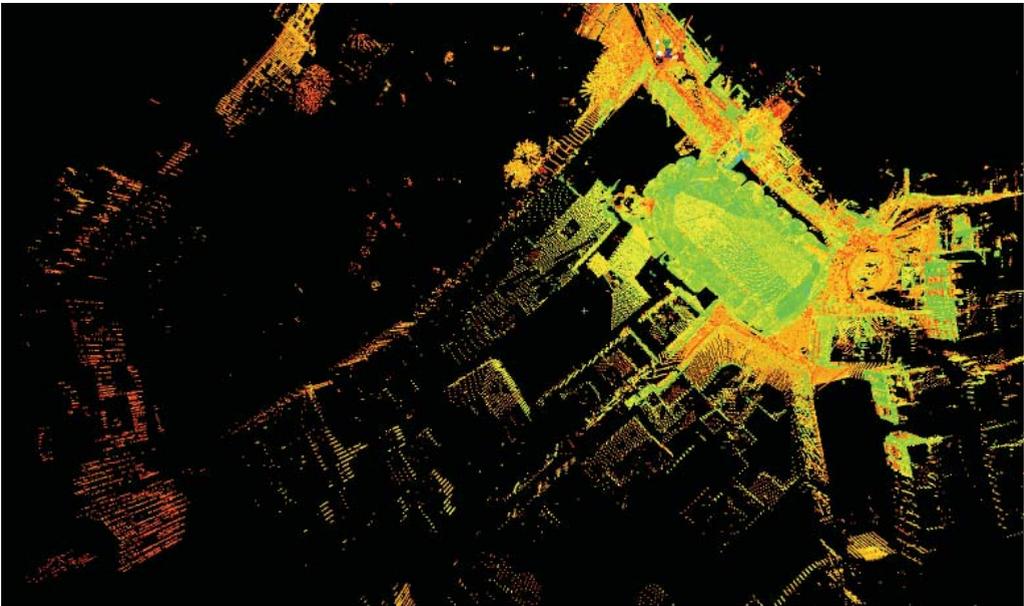
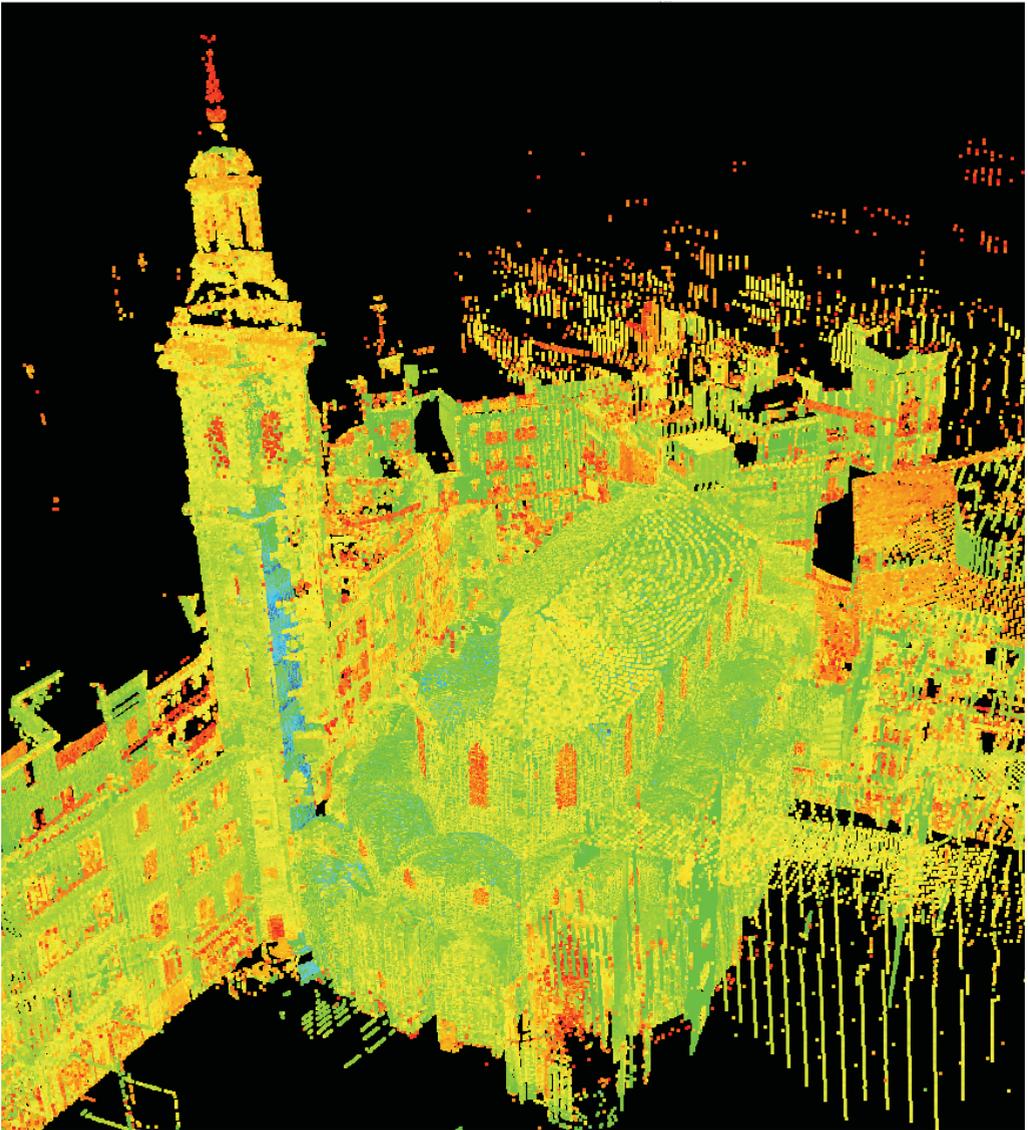


Imagen 5.71_

Perspectiva de la Iglesia y su entorno cercano del modelo de nube de puntos completo, mostrando la cabecera, lado del Evangelio y el campanario. No se ha podido acceder a las cubiertas, por lo que solo hay datos obtenidos desde el campanario.

Elaboración_

De la autora. 2015.



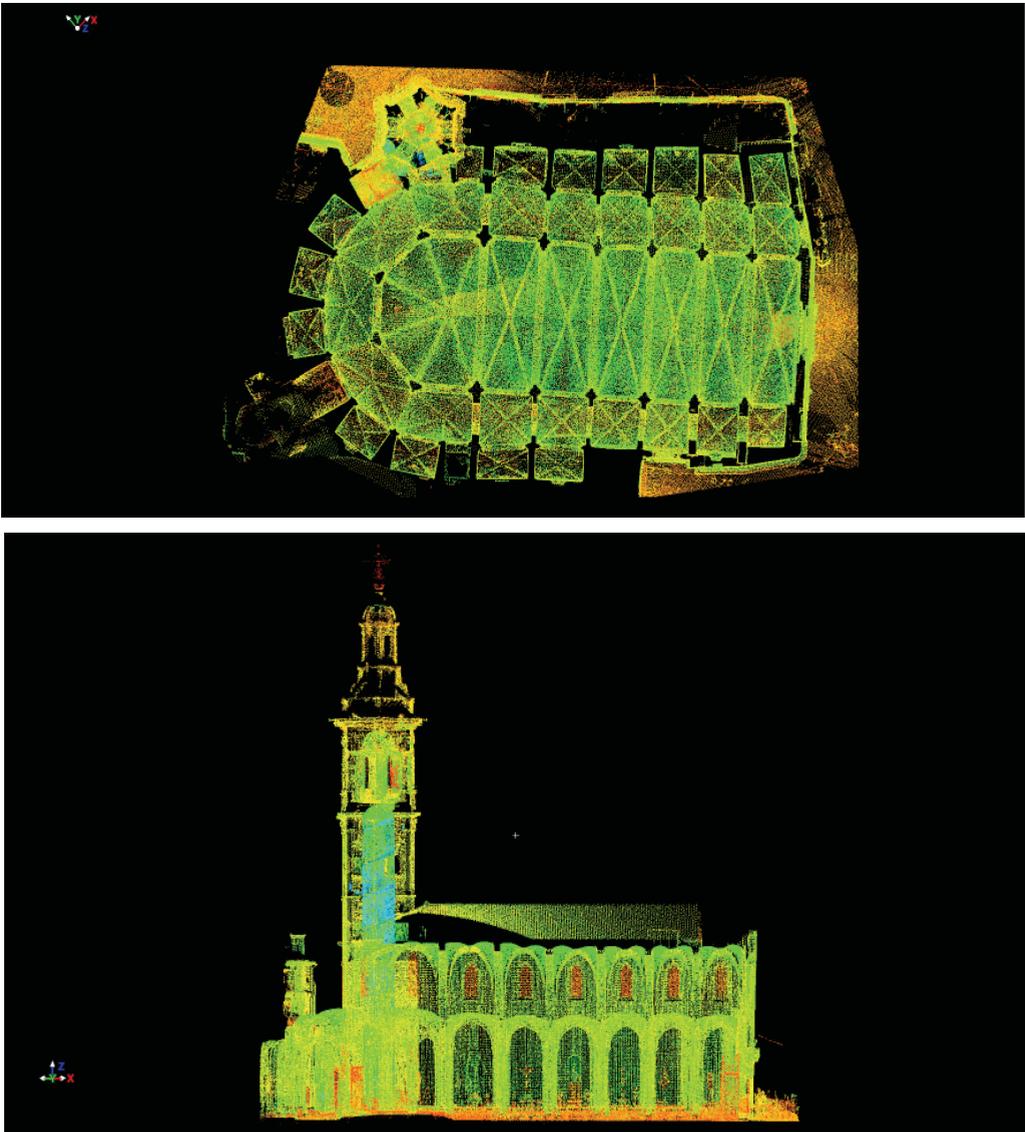
Imágenes 5.72 y 5.73_

Superior: Planta ortogonal de la Iglesia y del campanario en el que se muestran los trazados de las bóvedas.

Inferior: Vista de alzado longitudinal. Esta imagen en la realidad no la podemos apreciar dado los edificios anexos que lo impiden.

Elaboración_

De la autora. 2015.



Imágenes 5.74, 5.75 y 5.76_

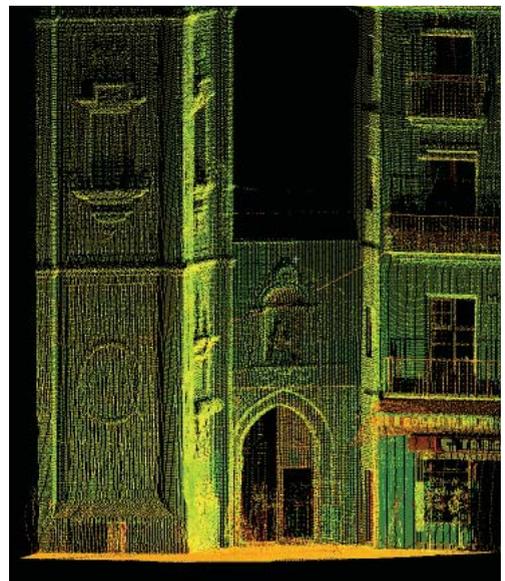
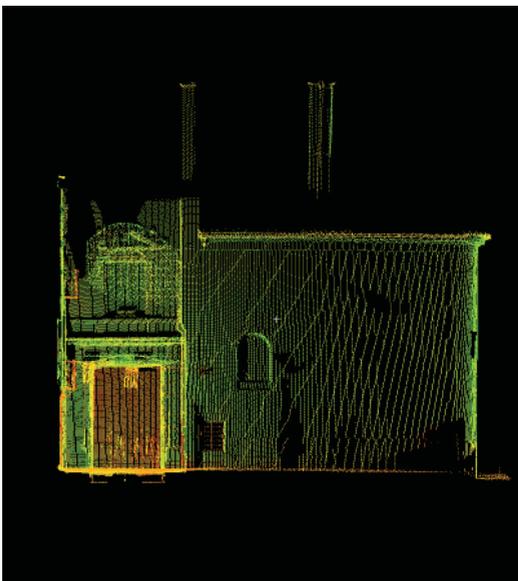
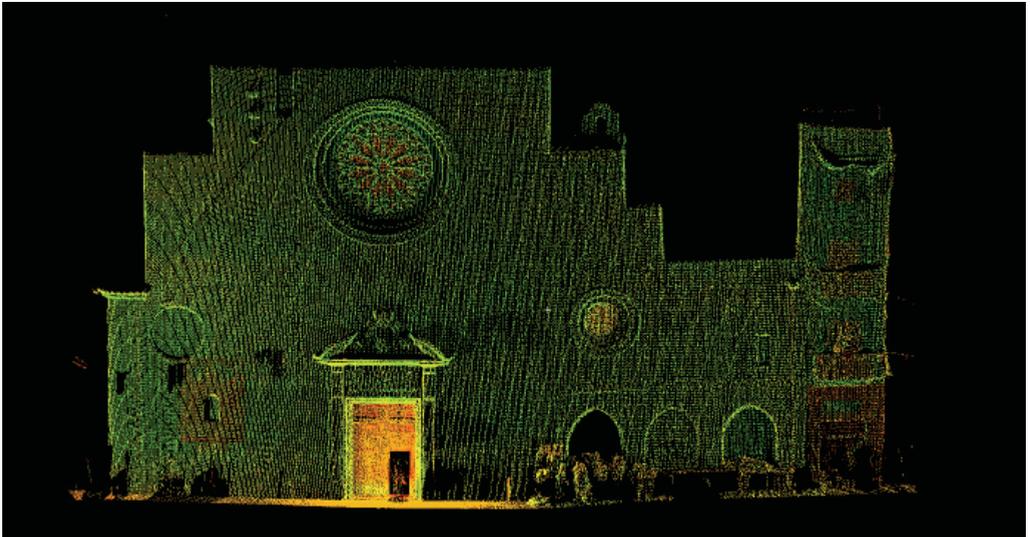
Superior: Fachada recayente a la Plaza Lope de Vega.

Inferior izquierda: Fachada hacia la Calle de la Tapinería.

Inferior derecha: Fachada de la Iglesia y campanario dando a la Plaza de Santa Catalina.

Elaboración_

De la autora. 2015.

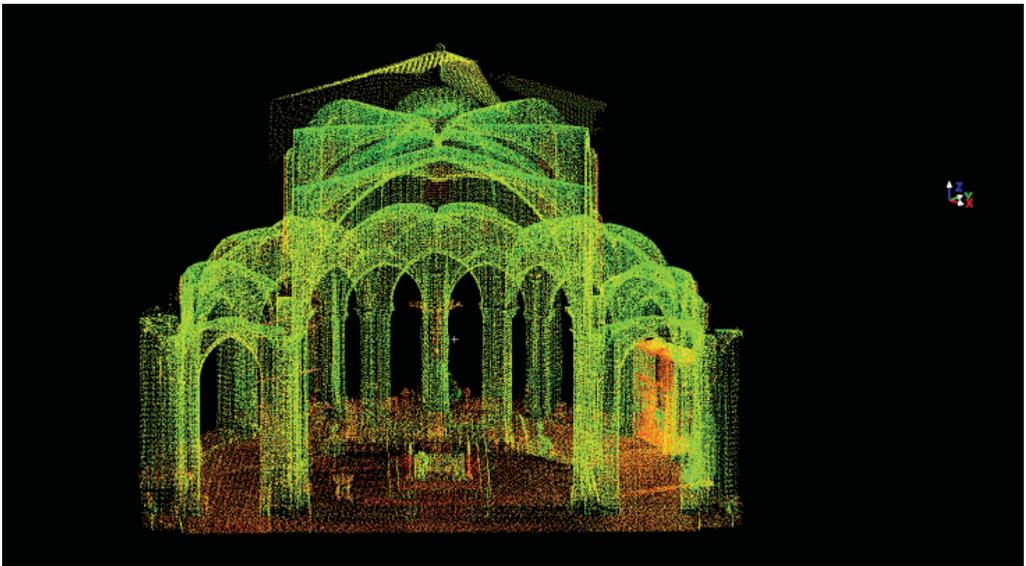
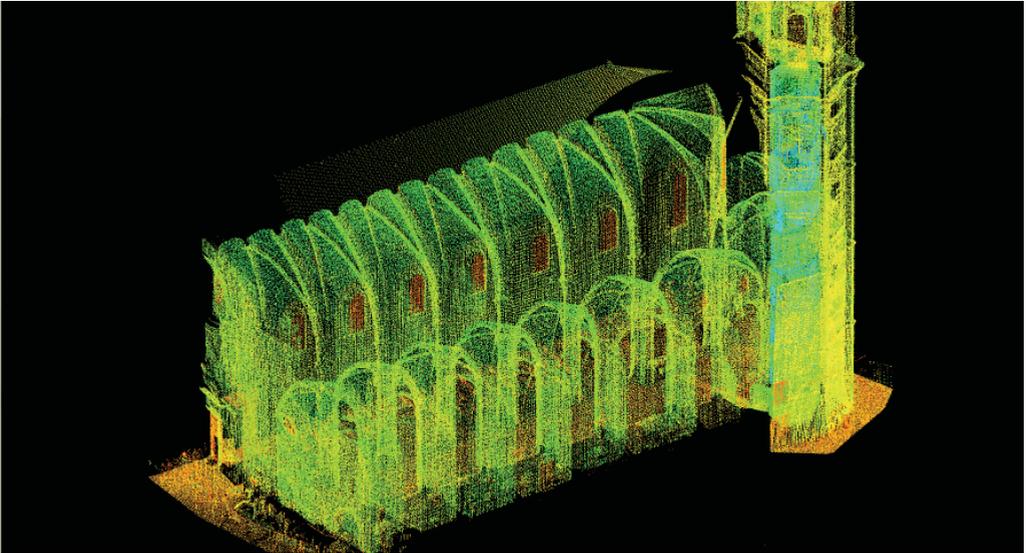


Imágenes 5.77 y 5.78_

Superior: Modelo de la nube de puntos seccionado longitudinalmente por la nave central. Perspectiva aérea desde la Plaza Lope de Vega.
Inferior: Perspectiva aérea de la cabecera en la que se aprecia el trazado de las bóvedas de la girola.

Elaboración_

De la autora. 2015.



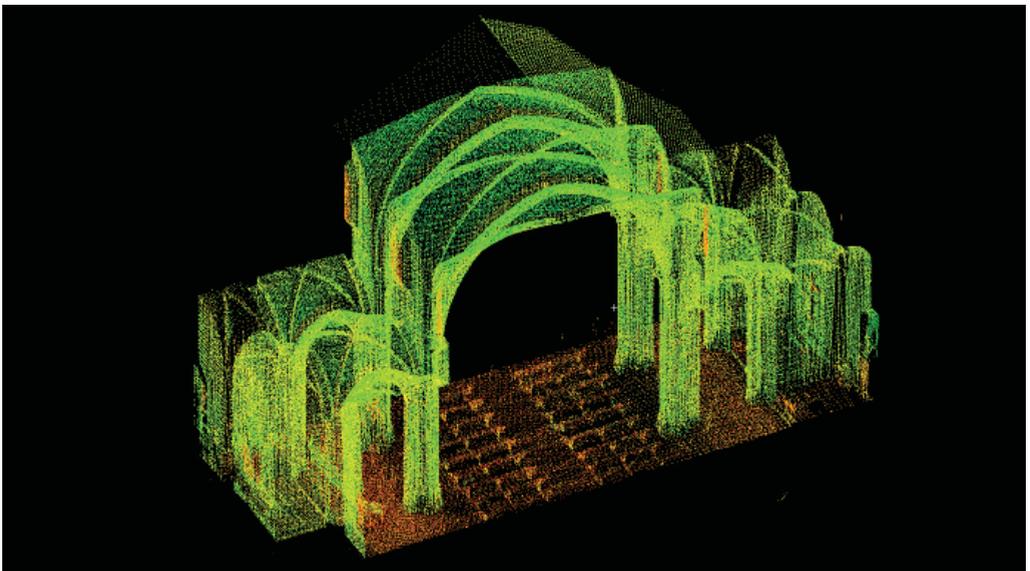
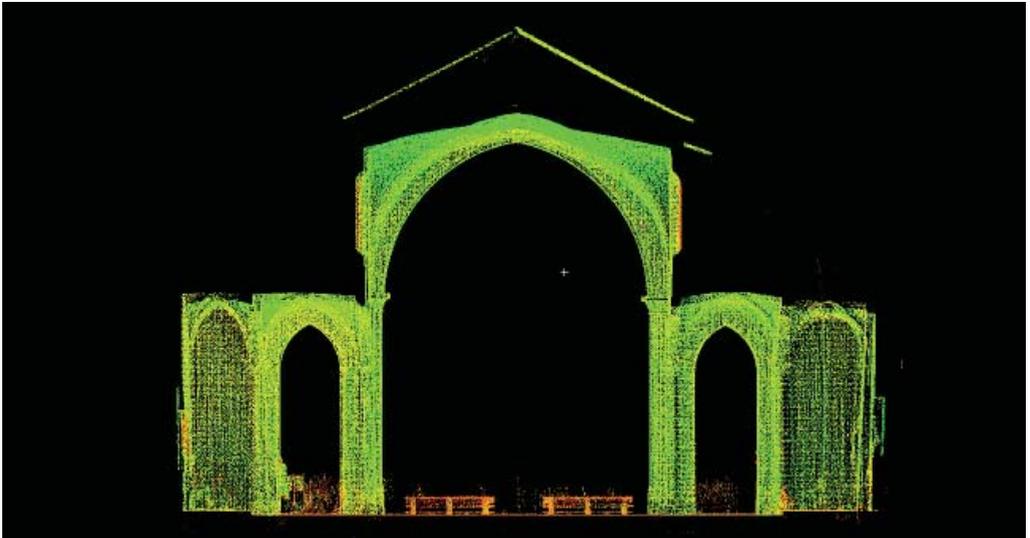
Imágenes 5.79 y 5.80_

Superior: Modelo en alzado en el que se muestran dos tramos de la Iglesia. Se observa el trazado del rampante de las bóvedas y la altura actual de la cubierta.

Inferior: Perspectiva aérea de los dos tramos seleccionados en la imagen superior.

Elaboración_

De la autora. 2015.



**Imágenes 5.81, 5.82, 5.83
y 5.84_**

Superior izquierda: Planta del arranque de la torre.

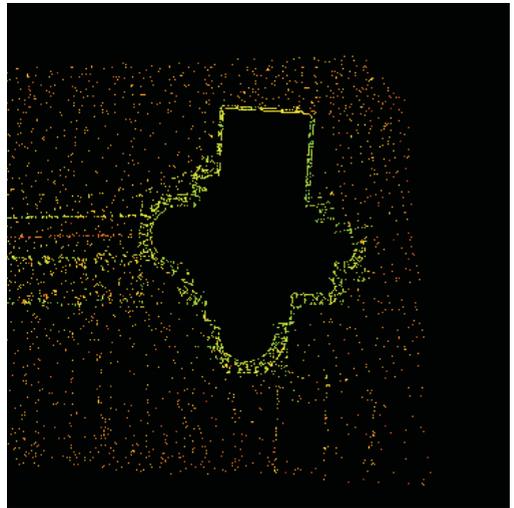
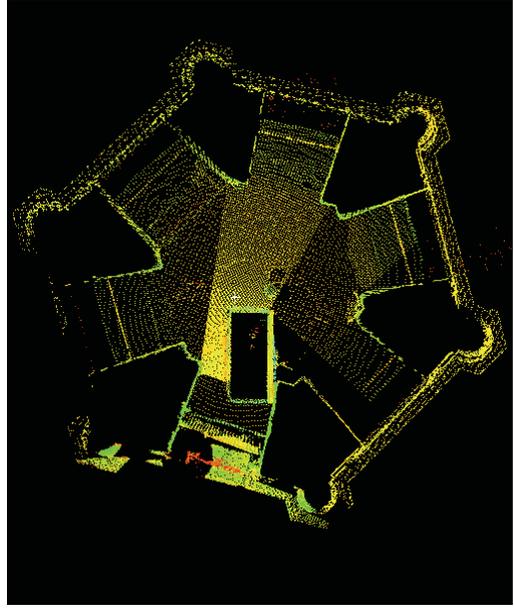
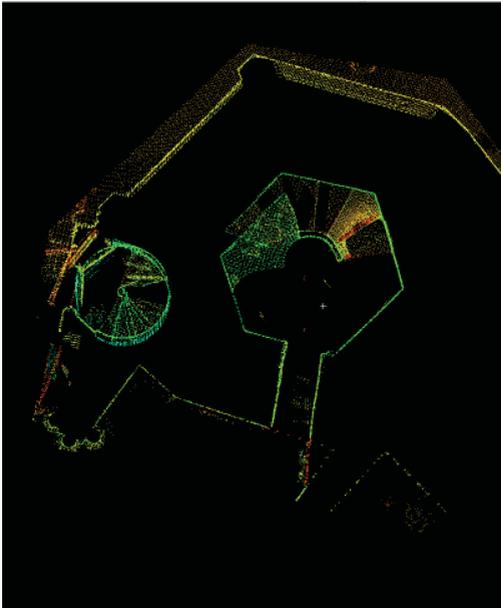
Superior derecha: Planta del campanario en la sala de campanas.

Inferior izquierda: detalle de la pilastra de la girola.

Inferior derecha: detalle de la pilastra de la nave central.

Elaboración_

De la autora. 2015.



Imágenes 5.85, 5.86 y 5.87_

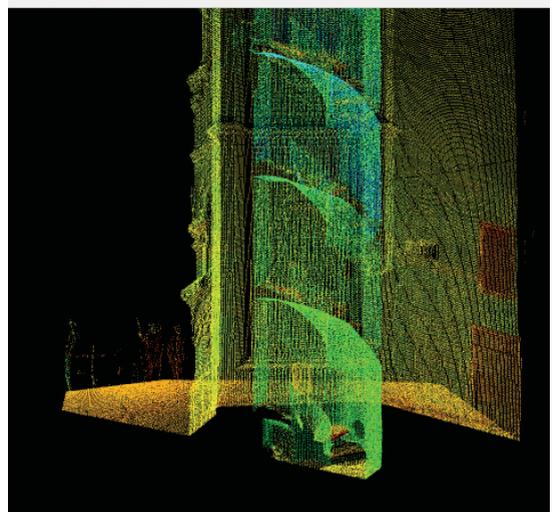
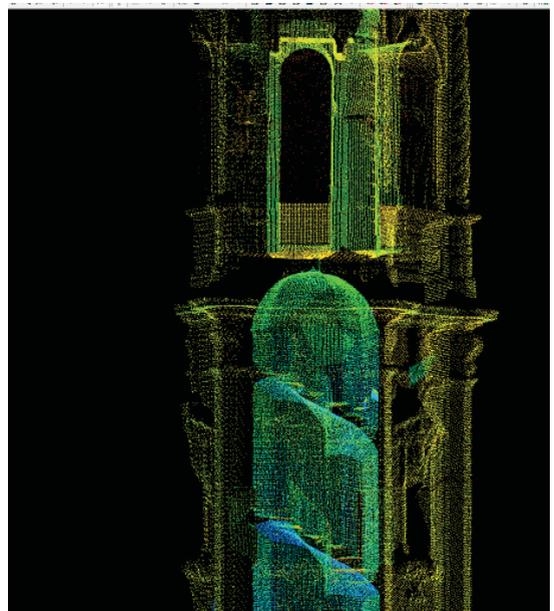
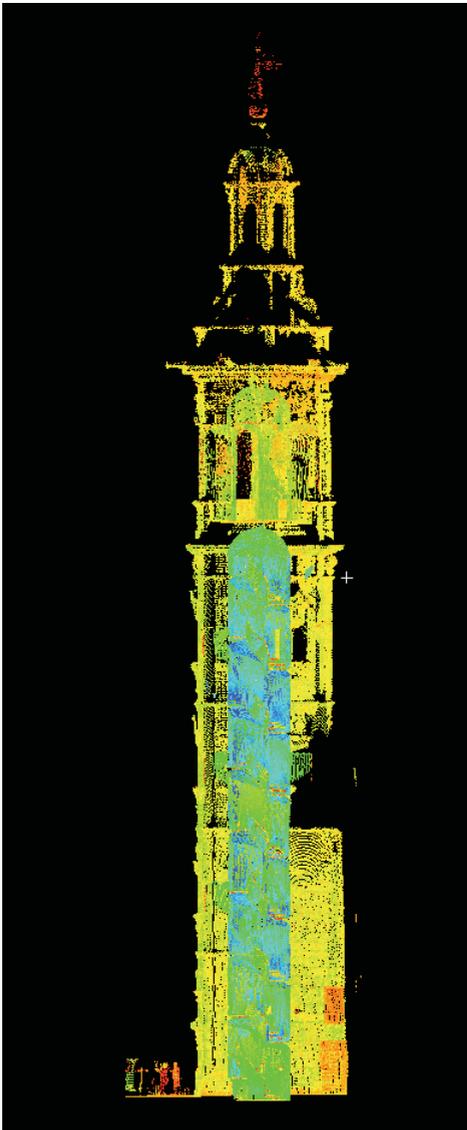
Izquierda: Sección de la torre por la escalera que da acceso al cuerpo de campanas.

Derecha superior: detalle de la sección de la escalera en la salida a la sala de campanas.

Derecha inferior: detalle de la escalera en su arranque desde cota +0.00 m.

Elaboración_

De la autora. 2015.



Imágenes 5.88 y 5.89_

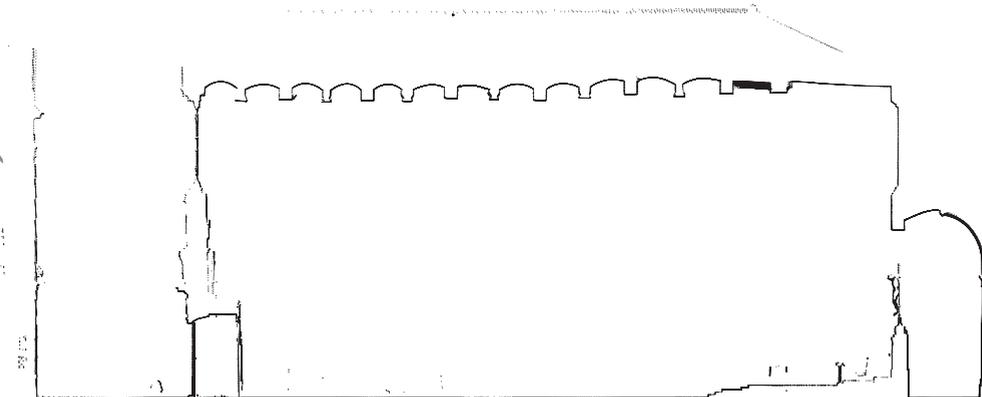
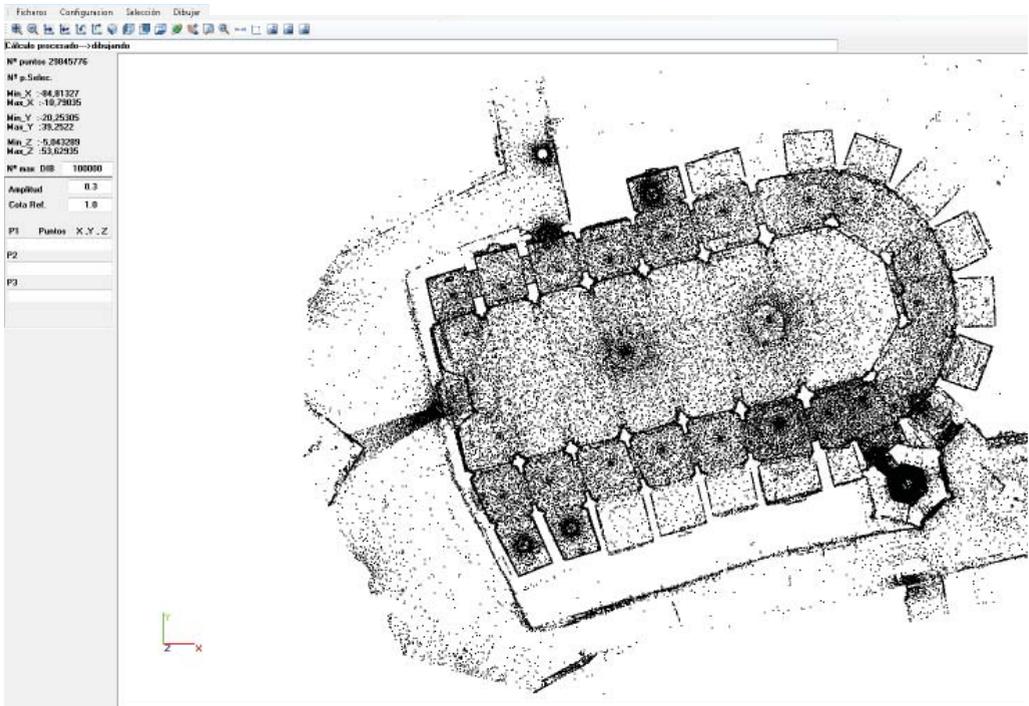
Superior: Captura de la aplicación Escuadra con una vista de todo el modelo en planta.

Inferior: Corte de 10 cm de espesor por el eje longitudinal de la iglesia, se exporta en .dxf y sirve de plantilla para dibujar en Cad la sección elegida.

Elaboración_

De la autora. 2015.

196



Imágenes 5.90, 5.91 y 5.92_

Derecha: Detalle del rosetón central extraído del programa Escuadra.

Centro: Fachada de la Calle Tapinería extraída del programa Escuadra.

Inferior: Fachada de la Plaza Lope de Vega, extraída del programa Escuadra.

Elaboración_

De la autora. 2015.

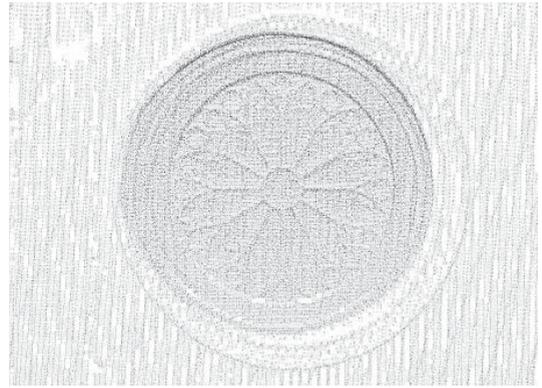
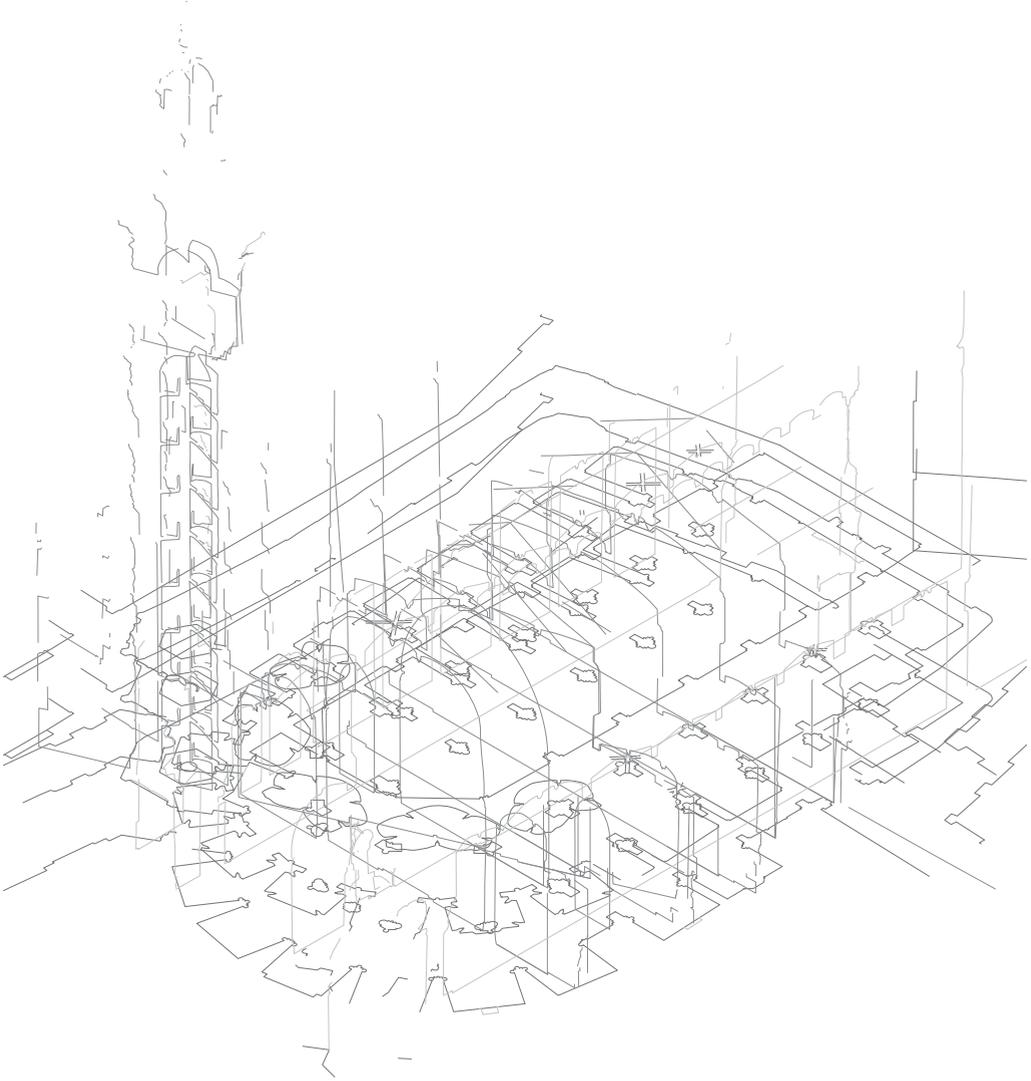


Imagen 5.93_

Superposición de todas las secciones dibujadas en CAD a partir de los cortes realizados en la aplicación Escuadra sobre la nube de puntos completa del programa Cyclone. Al importar desde Escuadra se mantienen las coordenadas de la nube de puntos completa.

Elaboración_

De la autora. 2015.



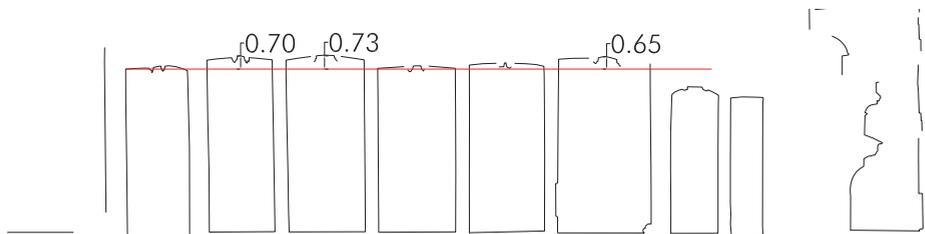
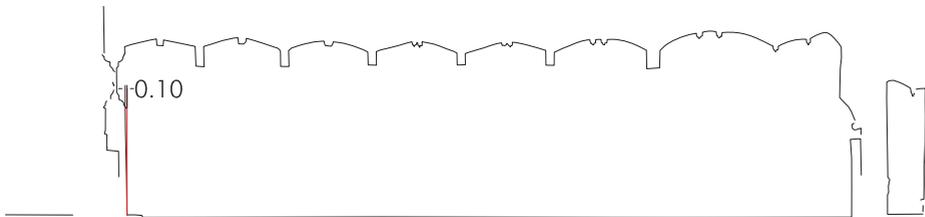
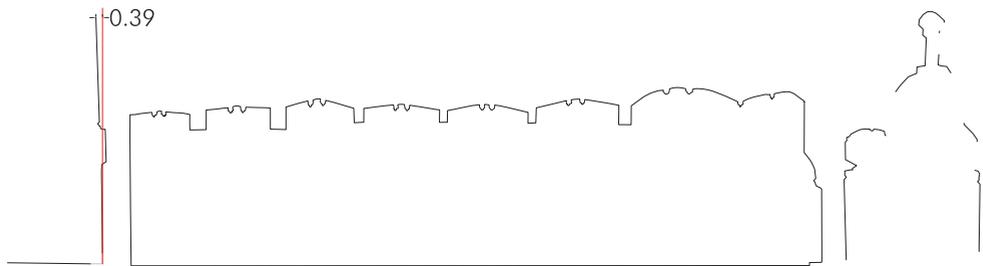
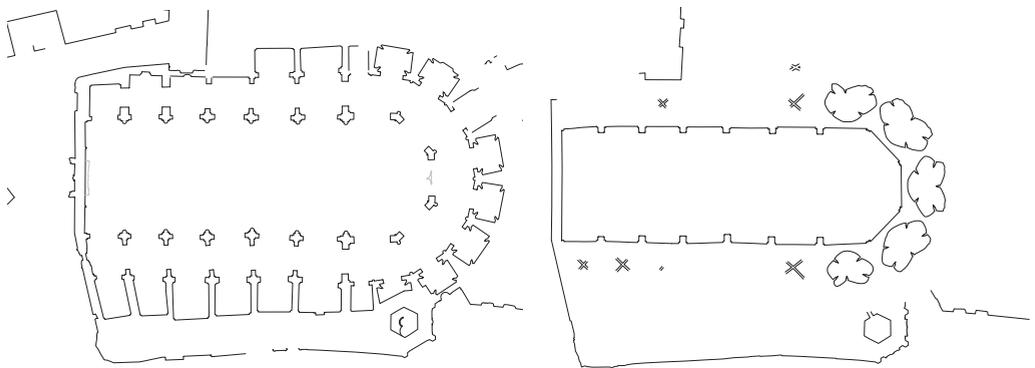
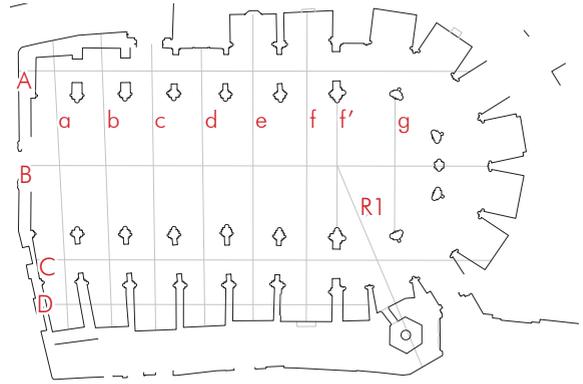
Imágenes 5.94, 5.95, 5.96, 5.97 y 5.98

Derecha: Planta en CAD con las secciones realizadas en Escuadra, cota +1.00m.

Inferior: Plantas a cotas +6.45m (izqda) y +9.70m (dcha). Sección A, Sección C. y Sección D indicando los desplomes de muros y descensos de claves en bóvedas.

Elaboración

De la autora. 2015.



**Imágenes 5.99, 5.100,
5.101 y 5.102_**

Superior izquierda: Sección f
con desplomes de los muros
de las capillas laterales.

Superior derecha: Sección f'.

Inferior izquierda: Sección g
con desplome de la torre en
la sala de campanas.

Inferior derecha: Sección R1.

Elaboración_

De la autora. 2015.

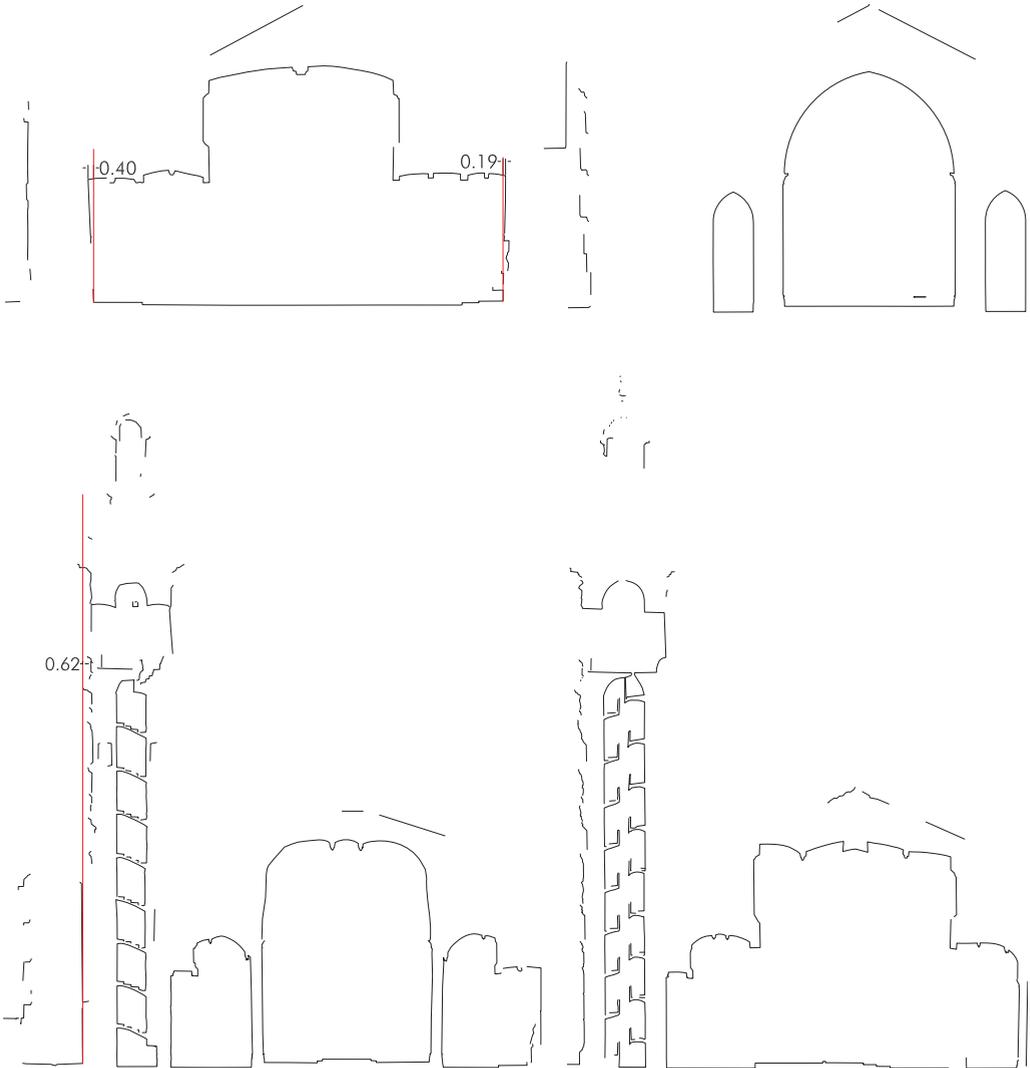
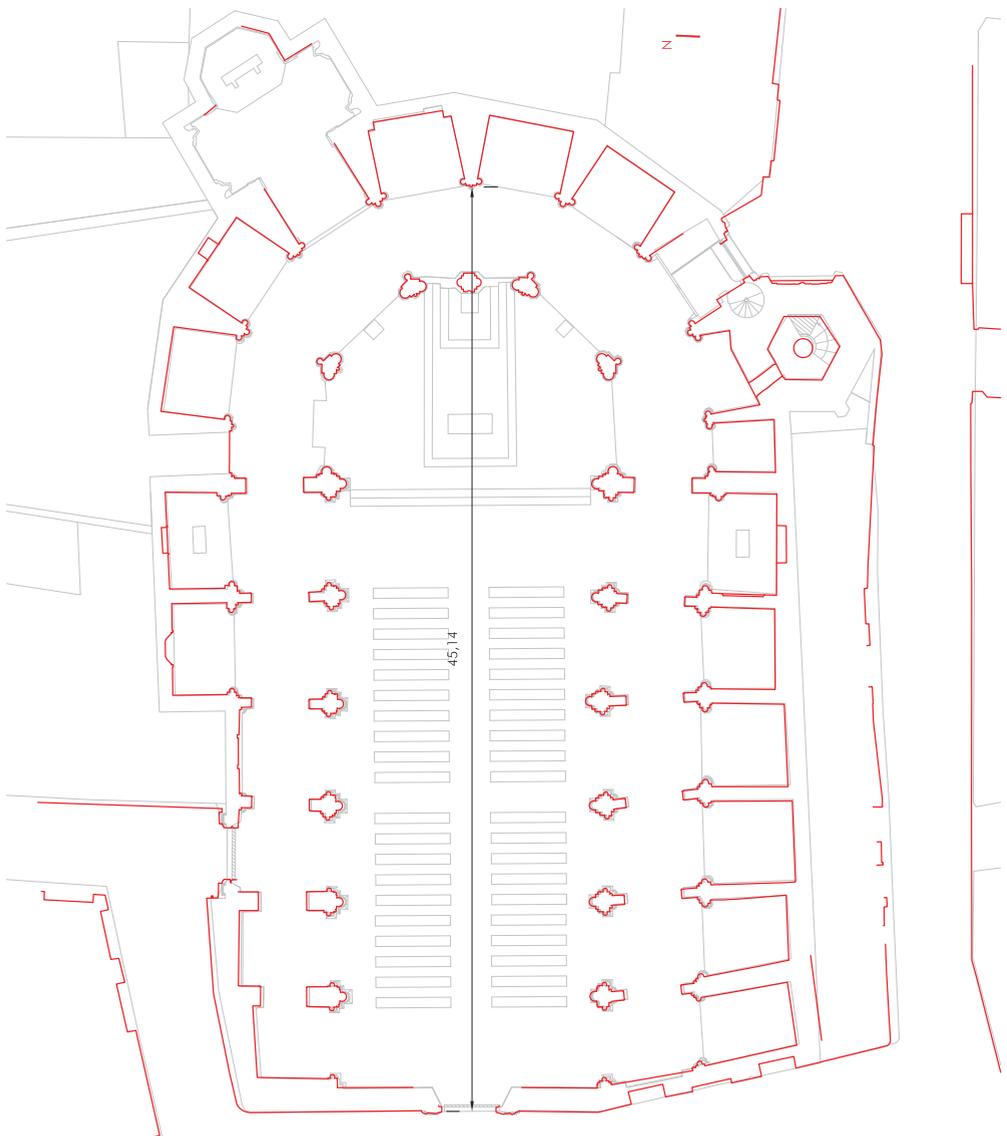


Imagen 5.103_

Superposición del plano elaborado a partir de los datos obtenidos con el escáner láser (rojo) sobre el plano elaborado para la intervención en la Iglesia en 2001. El eje longitudinal tiene una dimensión de 45,14m, confirmado por los datos obtenidos con el escáner láser.

Elaboración_

De la autora. 2015.



6. LA ESTRUCTURA DE SANTA CATALINA

Imágenes 6.1, 6.2 y 6.3_

Izquierda: Análisis por estática gráfica en 2D de un arco fajón de la Iglesia.

Derecha superior: solución con perfiles metálicos propuesta por Gay.

Derecha inferior: imágenes de los perfiles 50 años después de su colocación.

Elaboración_

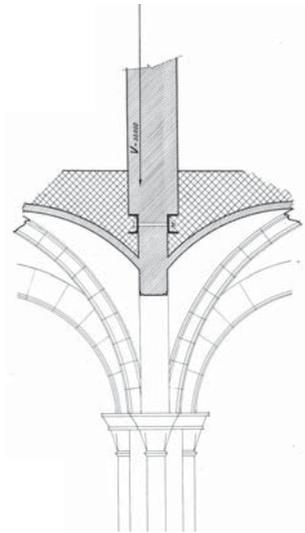
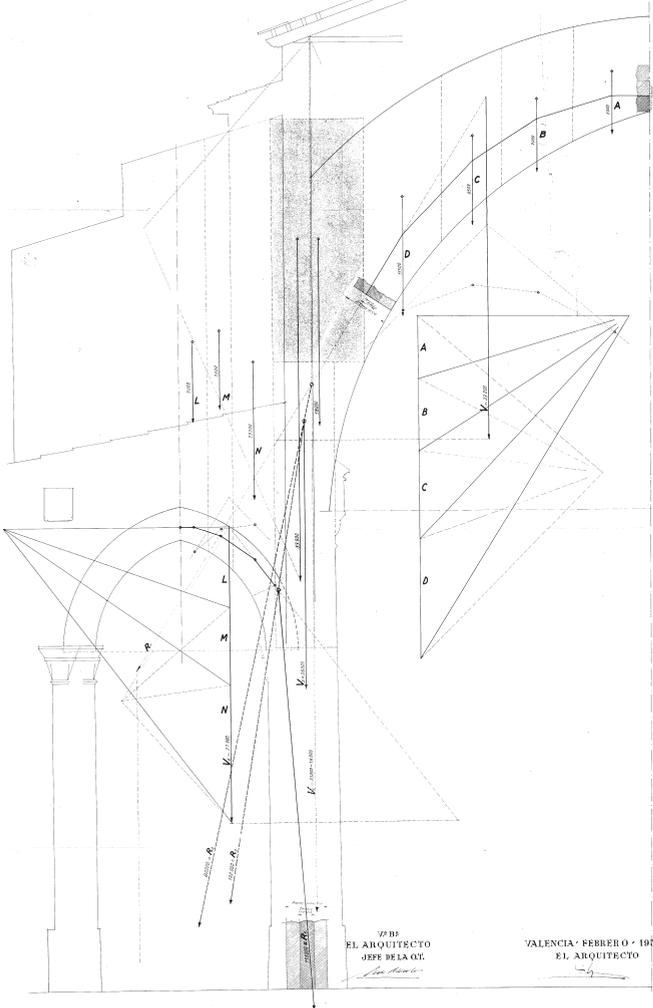
Luis Gay, 1952

José Ignacio Casar, 2004

VALENCIA. TEMPLO S^{ta}. CATALINA-RECONSTRUCCIÓN -1ª FASE.

ESCALA 1:120

DETALLES ~ CALCULO ARCOS



6.1 ANÁLISIS LÍMITE_

Luis Gay analizó por estática gráfica en 2D la sección ideal de cada arco fajón de la nave central. Obtuvo como resultado una componente vertical del contrafuerte, con los empujes de los arcos central y lateral, de 113 Toneladas que pasaba por el tercio central en la base de la pilastra. Como conclusiones supone que la desviación de los contrafuertes en el lado de la Epístola y las deformaciones de los muros y pilastras desvían la resultante de presiones obtenida en una sección ideal, provocando la inestabilidad del conjunto. Para ello propone incluir unos perfiles metálicos ocultos entre las bóvedas laterales y embebidos en los contrafuertes para absorber el desvío de las fuerzas y así entregar la carga correctamente vertical sobre las pilastras.

Para comprobar el equilibrio del arco fajón con todos los elementos constructivos que le llegan a él se ha utilizado en esta tesis doctoral la aplicación informática Statical, desarrollada por el profesor Alonso. Esta aplicación permite analizar por el método de la estática gráfica un modelo 3D generado considerando la geometría obtenida con el escáner láser. El modelo realizado reproduce una pilastra de la nave central y todos los elementos constructivos que le transmiten su carga. Puesto que se quiere comparar con el estudio que realizó Luis Gay no se han incorporado los perfiles metálicos en los contrafuertes.

Los materiales considerados son los siguientes:

Material	Elementos	Densidad (t/m ³)
Sillería	Muros, arcos y nervios	2.2
Ladrillo	Bóvedas (10 cm de espesor)	1.8
Relleno de bóveda	Senos de las bóvedas	1.5

Tabla 6.1_ Valores empleados en el análisis límite de la Iglesia de Santa Catalina. De la autora, 2015

Imagen 6.4

Modelo en 3D de una pilastra de la nave central y los elementos constructivos que recaen sobre ella. Realizado según la geometría proporcionada por el escáner láser. Se representa en amarillo los elementos de sillería y en gris los de ladrillo.

Elaboración

De la autora. 2015.

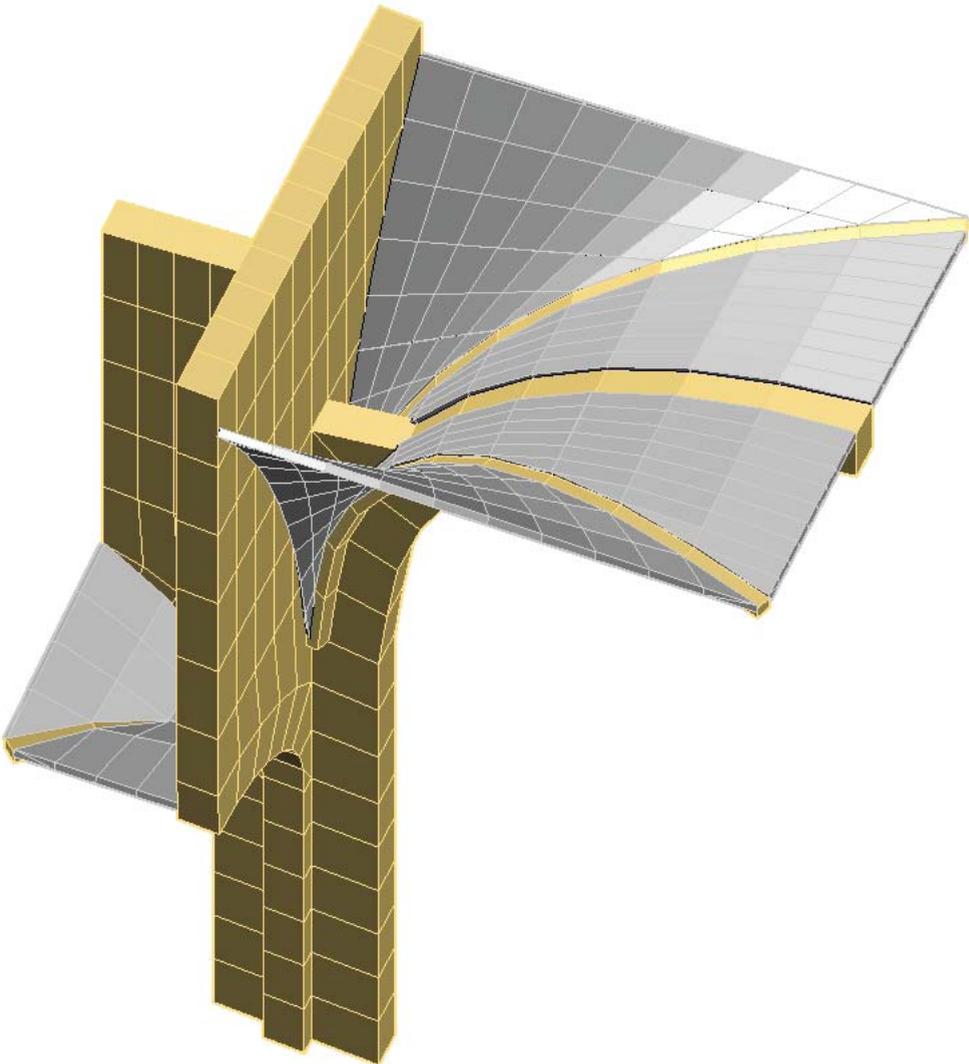
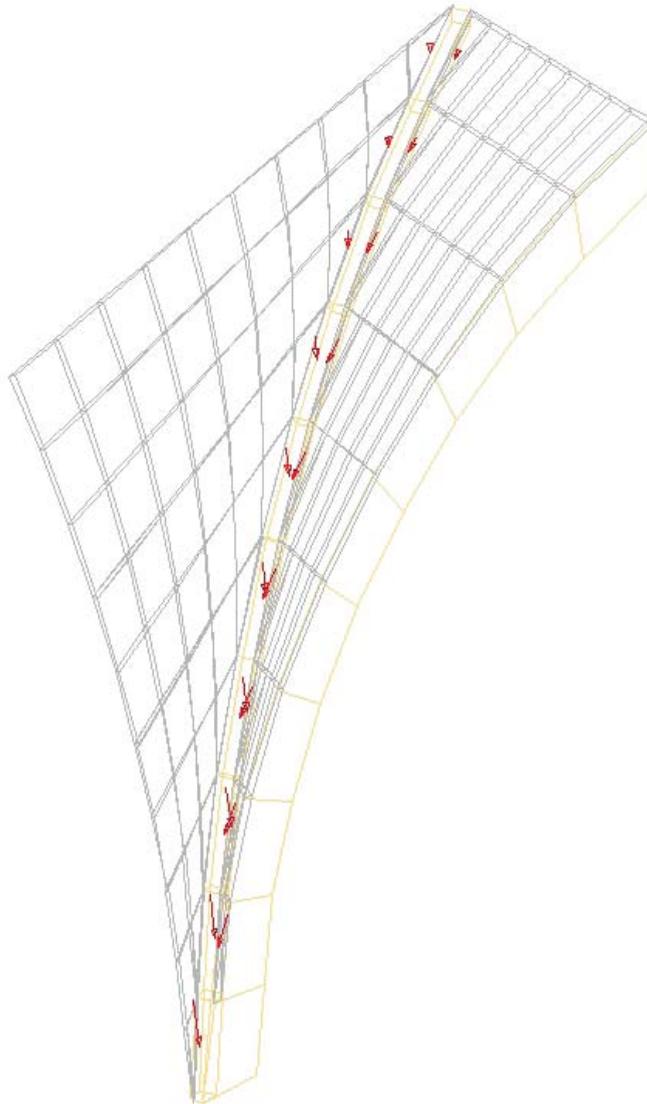


Imagen 6.5_

Evaluación de pesos de las bóvedas sobre los nervios. Para ello se suman los pesos de las bóvedas por franjas y se generan 2 reacciones, siendo la superior horizontal. Las fuerzas representadas son las acciones sobre el nervio.

Elaboración_

De la autora. 2015.



Imágenes 6.6 y 6.7_

Superior: Las fuerzas dibujadas representan la suma por franjas de la acción de las bóvedas sobre el nervio y el propio peso del nervio.

Inferior: Suma de todas las fuerzas sobre cada nervio y arco. Se indican sus valores.

Elaboración_

De la autora. 2015.

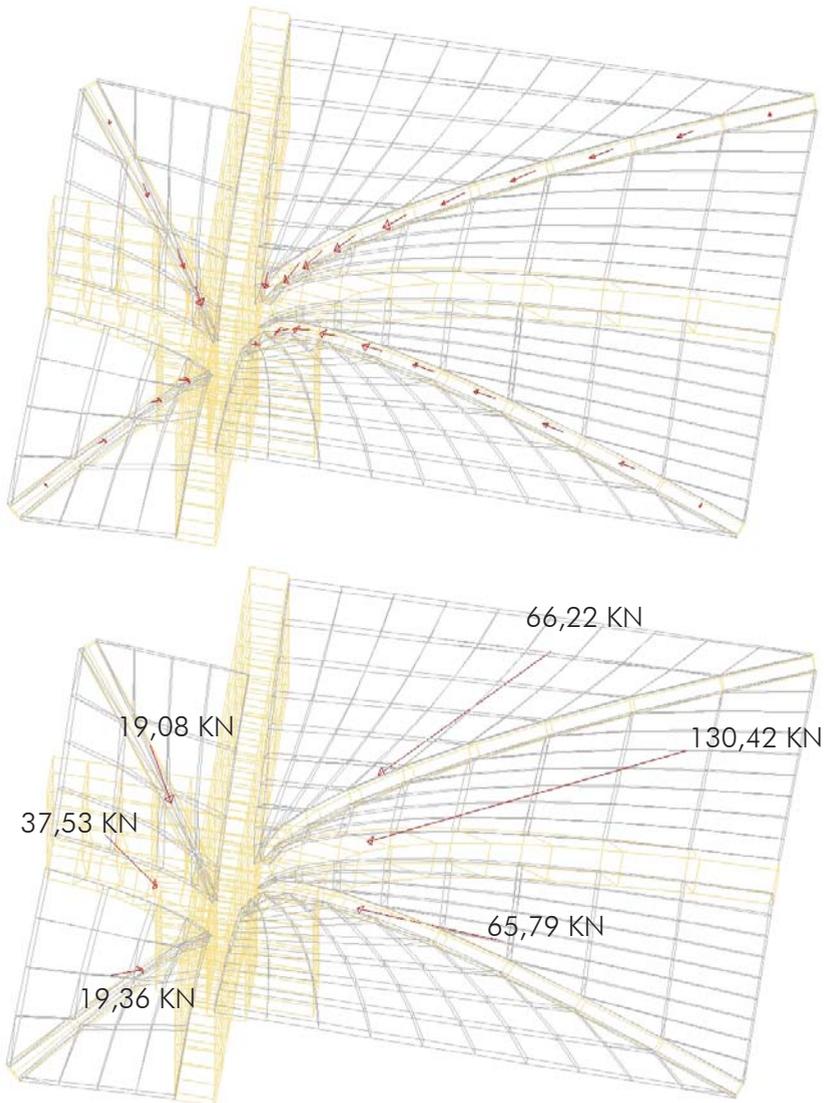


Imagen 6.8_

La imagen representa la suma de las fuerzas sobre cada nervio y arco. La asimetría de los valores se debe a la implementación en el modelo en 3D de las deformaciones y desplomes reales proporcionados por el escáner láser.

Elaboración_

De la autora. 2015.

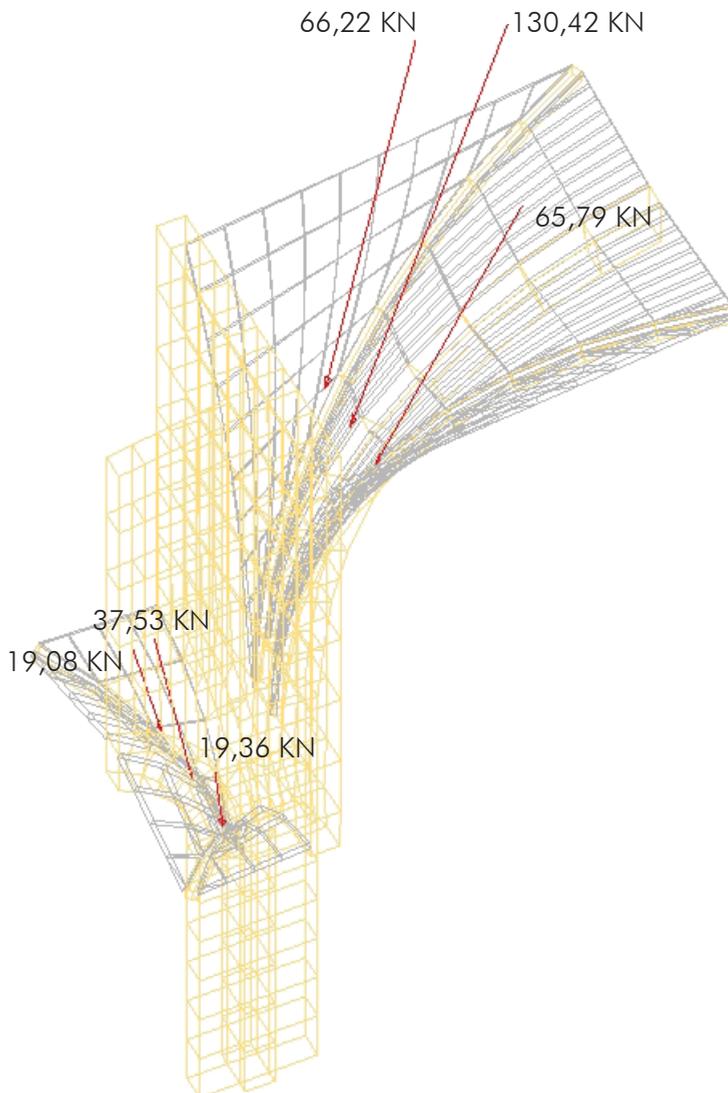
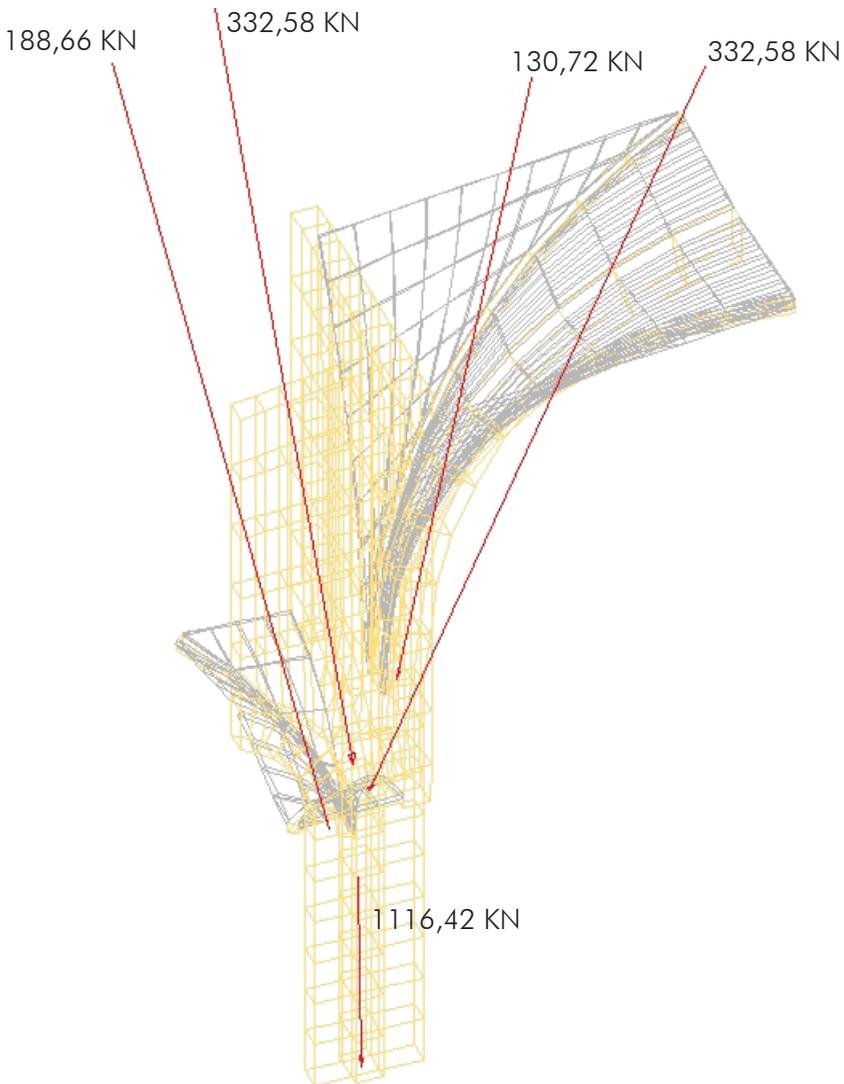


Imagen 6.9_

Por último, se suman las fuerzas que llegan a los capiteles de la pilastra desde sus cuatro lados y cubierta y a éstas se le añade el peso de la pilastra en todo su fuste hasta alcanzar su base. La fuerza resultante total es de 111,64 T, centrada en la base de la pilastra.

Elaboración_

De la autora. 2015.



Según la teoría de Análisis Límite, la fábrica se considera un conjunto de bloques no deformables que se sostienen por peso propio. Sólo trabaja a compresión. El rozamiento entre bloques es muy elevado, de modo que el deslizamiento está impedido. Además se supone que las tensiones de trabajo son bajas por lo que los bloques no fallarán a resistencia. Así se reduce el problema al equilibrio, a la estabilidad de la estructura. Si se encuentra una línea de presiones que quede contenida en el interior de la estructura, ésta será estable, ya que trabajará únicamente a compresión.

La resultante de la suma de fuerzas total se sitúa aproximadamente en el centro del tercio central de la base de la pilastra. La reacción última es de 1116,42 KN y la tensión cobaricéntrica es de 0,9845 N/mm².

El valor de la reacción en la base es muy cercano a los 113.000 Kg que obtuvo Gay en su estudio por estática gráfica en 2D de una sección ideal de un arco fajón de la nave central. Esto nos indica que las deformaciones existentes en la iglesia, sus desplomes de muros y giro de sus contrafuertes no son los responsables del estado de ruina en el que se encontraba tras la guerra civil, como él afirmaba.

De hecho se observa que el diseño de sus bóvedas y arcos le proporcionan un alto coeficiente de seguridad geométrico ya que la resultante final queda centrada en la base de la pilastra.

El valor de la tensión máxima alcanzada, 0,9845 N/mm², queda bastante alejado de la resistencia última a compresión de la sillería que puede alcanzar valores entre 9 y 12 N/mm².

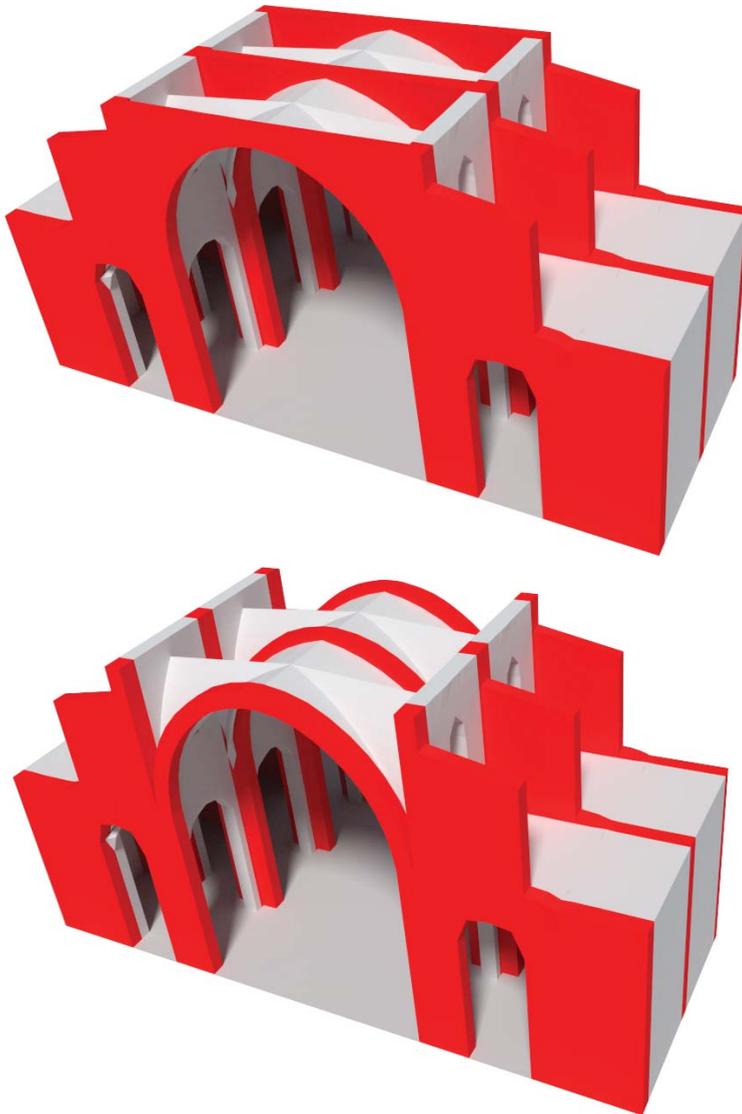
Imágenes 6.10 y 6.11_

Superior: modelo 1.1, la existencia de enjutas contribuye a rigidizar la estructura, entendiéndose la continuidad entre las naves como perforaciones en el muro diafragmático.

Inferior: modelos 1.2, 1.3 y 1.4. La ausencia de las enjutas evita la continuidad de los contrafuertes.

Elaboración_

De la autora. 2015.



6.2 DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS DE CÁLCULO_

Con el objeto de analizar el comportamiento estructural de la Iglesia de Santa Catalina se realizan varios modelos de cálculo en 3D que reproducen la geometría y deformaciones actuales del edificio. El proceso para generarlos empieza con el procesado de los datos geométricos reales obtenidos con el escáner láser, después se realiza el mallado en 3D con herramientas CAD atendiendo a sus características constructivas y estructurales anteriormente estudiadas. Por último se lleva a cabo el cálculo estructural con el programa ANGLE⁸⁶ que permite evaluar estructuras complejas como es el caso de la que nos ocupa.

Se plantean diferentes modelos estructurales sobre los que se realizan distintos tipos de cálculo. Un primer tipo de análisis consiste en el cálculo modal espectral y cálculo por pushover analizando su respuesta frente a cargas gravitatorias y acciones sísmicas. Este estudio se realiza sobre unos modelos que reproducen el tramo central de la iglesia, concretamente las dos crujías contiguas al ábside, ubicadas en la zona central del edificio. En estos modelos se estudian las diferentes fases constructivas que ha sufrido la iglesia y su comportamiento estructural en cada una de ellas. El primer modelo considera la existencia de arcos diafragma con bóvedas de piedra y cubierta plana. El segundo modelo plantea la pérdida de los diafragmas y mantiene las bóvedas de piedra y la cubierta plana. En el tercer modelo se incorpora el cambio de cubierta plana por cubierta inclinada, conservando la ausencia de diafragmas y bóvedas de piedra. El cuarto modelo reproduce el estado actual, sin diafragmas, bóvedas de ladrillo y cubierta inclinada. La comparación de los resultados obtenidos en estos dos últimos modelos responderán al planteamiento de Gay que afirmaba que las bóvedas de piedra introducían demasiado peso en la estructura y ésta no estaba dimensionada para absorber ese exceso de carga y que contribuían, por tanto, a su estado de ruina. El quinto modelo considera

⁸⁶ _Alonso, 2003.

una situación ficticia eliminando las capillas laterales y comprobando la aportación a la rigidez del conjunto de éstas.

El segundo tipo de análisis se realiza con un sexto modelo estructural que reproduce el conjunto de la iglesia. Consiste en un análisis modal espectral y un cálculo dinámico en el tiempo. Este tipo de cálculo nos da una aproximación más fiel al comportamiento real del conjunto del edificio. El modelo utilizado para este análisis responde a su estado actual, es decir, sin arcos diafragmas, con bóvedas de ladrillo y cubierta inclinada.

Se modeliza un último caso que responde al campanario exento, para estudiar qué hubiera pasado si se hubiera aprobado la propuesta de 1929 consistente en demoler la iglesia dejando el campanario aislado y conseguir así la prolongación de la Calle de la Paz hasta el Mercado Central.

En resumen, los siete modelos estructurales utilizados para el análisis del comportamiento estructural de la Iglesia de Santa Catalina son:

Modelo 1.1_ Dos crujías, con diafragmas, bóvedas de piedra y cubierta plana.

Modelo 1.2_ Dos crujías, sin diafragmas, bóvedas de piedra y cubierta plana.

Modelo 1.3_ Dos crujías, sin diafragmas, bóvedas de piedra y cubierta inclinada.

Modelo 1.4_ Dos crujías, sin diafragmas, bóvedas de ladrillo y cubierta inclinada.

Modelo 1.5_ Dos crujías, ausencia de capillas laterales.

Modelo 2_ Conjunto, sin diafragmas, bóvedas de ladrillo y cubierta inclinada.

Modelo 3_ Campanario exento.

6.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES_

A continuación se describe la caracterización de los materiales empleados en los modelos anteriormente explicados. Concretamente se comentan los materiales constructivos que definen el sistema estructural de la Iglesia. Estos materiales son la sillería, la fábrica cerámica y los rellenos de los senos de las bóvedas.

La profesora Llopis realiza un estudio exhaustivo de la caracterización⁸⁷ de los materiales empleados en el modelo de cálculo de la Catedral de Valencia. Para ello utiliza dos fuentes fundamentalmente: por un lado los resultados obtenidos de los ensayos realizados en los sillares del Puente de la Trinidad⁸⁸ de Valencia, ya que su piedra procede de la misma cantera que la usada en la Catedral; y, por otro lado, efectúa un vaciado de artículos publicados⁸⁹ de los que extrae las propiedades mecánicas (densidad, módulo de elasticidad y resistencia a compresión) de los materiales constructivos que forman parte del modelo estructural.

Según describe Gay en la memoria de su proyecto de intervención en Santa Catalina, la piedra utilizada para su rehabilitación es, o bien reutilizada de las bóvedas de la nave, o bien procedente de los antiguos pretiles del río. En este último caso la piedra fue suministrada por el Ayuntamiento de Valencia y era adecuada ya que se trataba de la misma calidad de piedra y estaba revalorizada por la pátina del tiempo. Debe tenerse en cuenta que los incendios sufridos en la iglesia a lo largo de su historia, concretamente

⁸⁷ _ Llopis, 2014, 209-214.

⁸⁸ _ En 2009 se realizó una intervención en el Puente de la Trinidad de Valencia para adaptarlo a nuevas necesidades. Se efectuó una extensa investigación histórico y técnica y se llevaron a cabo ensayos en sus sillares para determinar las propiedades mecánicas de éstos. Los resultados obtenidos se recogen en Bosch, 2009.

⁸⁹ _ Destacan los resultados extraídos de los siguientes artículos: Roca, 2013; Lourenço, 2007; Casolo, 2007; Casolo, 2009 y Betti, 2011; así como las propiedades mecánicas consultadas en el monográfico de Martínez, 2001.

los de 1396 y 1936, habrán reducido bastante la resistencia de su piedra. Por lo que los datos obtenidos en los ensayos de los sillares del Puente de la Trinidad se tomaran como orden de magnitud pero no se trasladan directamente al caso de Santa Catalina. Además, el estudio de las muestras tomadas en el puente en 2006 muestran una reducción en los valores obtenidos comparados con las muestras de la cantera. Se obtienen unos valores de densidad de 1.91 T/m^3 en el puente frente a 2.34 T/m^3 de la cantera, y una resistencia a compresión en el puente de 7.91 N/mm^2 frente a 45.9 N/mm^2 de la cantera. Se han medido los valores en dos puntos de la parte recta ascendente de los diagramas de los ensayos de compresión simple.⁹⁰

Probeta	Densidad (t/m ³)	C. Rotura (N/mm ²)	$\Delta\sigma$ (N/mm ²)	$\Delta\varepsilon$	E (N/mm ²)
1	1.949	7.05	2.6738	0.00175	1527.885
2	1.914	7.13	3.0680	0.00200	1534.000
3	1.891	9.57	5.4858	0.00452	1213.672
Promedio	1.918	7.916	-	-	1425.186

Tabla 6.2_ Valores obtenidos en los ensayos de la piedra del Puente de la Trinidad. Bosch, 2009.

Una vez extraídos todos los datos de las propiedades mecánicas de los materiales en las distintas fuentes consultadas, Llopis llega a la siguiente conclusión:

*“Como resumen de todos los valores recopilados hay que resaltar la dispersión de resultados. Por esta razón se consideran, para el análisis de la Catedral de Valencia, valores conservadores del lado de la seguridad, que son recogidos en la tabla siguiente, distinguiendo entre cuatro materiales:”*⁹¹

⁹⁰ Bosch, 2009, 998.

⁹¹ Llopis, 2014, 214. Siendo E el módulo de elasticidad, f_c la resistencia a compresión, f_t la resistencia a tracción y G_f la energía de fractura del material.

Material	Densidad (t/m ³)	E (N/mm ²)	fc (N/mm ²)	ft (N/mm ²)	Gf ⁺ (Nmm/mm ²)
Sillería	2.2	7,500	12	0.35	0.3
Relleno sillería	2.0	2,500	8	0.25	0.2
Ladrillo	1.8	3,500	3.5	0.15	0.1
Relleno bóveda	1.5	1,000	3	0.2	0.15

Tabla 6.3_ Valores empleados en el análisis de la Catedral de Valencia. Llopis, 2014, 214.

En el análisis realizado por el profesor Ricardo Perelló del monasterio de Santa María de la Murta se han utilizado los siguientes valores como propiedades mecánicas de los materiales:

Material	Densidad (t/m ³)	E (N/mm ²)	fc (N/mm ²)	ft (N/mm ²)	Gf ⁺ (Nmm/mm ²)
Sillería	2.3	1,000	5	0.1	0.06
Ladrillo	1.6	3,500	3	0.08	0.06
Mampostería	2.3	5,000	2	0.05	0.06

Tabla 6.4_ Valores empleados en el análisis del Monasterio Santa María de la Murta. Perelló, 2015.

Por último, el profesor Luis de Mazarredo en el análisis que efectúa en la Iglesia de San Juan del Hospital de Valencia realiza distintos cálculos considerando un intervalo de valores para las mismas propiedades mecánicas. Según explica en su tesis doctoral:

“Dada la indeterminación de los materiales estructurales y en especial de la sillería, para analizar la iglesia de San Juan del Hospital probaremos con diferentes valores en las características mecánicas más relevantes.

La resistencia a compresión, tomando los datos de la cantera de Godella podría tener un máximo de unos 9 MPa y examinando las resistencias obtenidas del puente de la Trinidad, un mínimo de 6 MPa.

En la resistencia a tracción el abanico se mueve entre la nula resistencia a tracción que propone Lourenço a los 0.3 MPa de Roca en Poblet.

En cuanto al Módulo de Elasticidad de la sillería, aquí encontramos más disparidad entre los diferentes autores. Probaremos en los diferentes modelos valores entre los 12,000 MPa y los 3,000 MPa.”⁹²

Una vez estudiados los valores de las propiedades mecánicas empleados en distintos trabajos de investigación sobre edificios de similares características al del analizado en la presente tesis doctoral, los valores propuestos para el análisis estructural de la Iglesia de Santa Catalina son:

Material	Densidad (t/m ³)	E (N/mm ²)	fc (N/mm ²)	ft (N/mm ²)	Gf+ (Nmm/mm ²)
Sillería	2.2	3,500	9	0.2	0.1
Ladrillo	1.8	3,500	1.5	0.1	0.1
Relleno bóveda	1.5	1,000	3	0.2	0.09

Tabla 6.5_ Valores empleados en el análisis de la Iglesia Santa Catalina de Valencia. De la autora.

A continuación se analizan los seis modelos de cálculo anteriormente citados. En cada uno de ellos se realiza una descripción previa apoyada con unas imágenes explicativas de su proceso constructivo. Posteriormente se efectúa el análisis estructural con las conclusiones extraídas del cálculo.

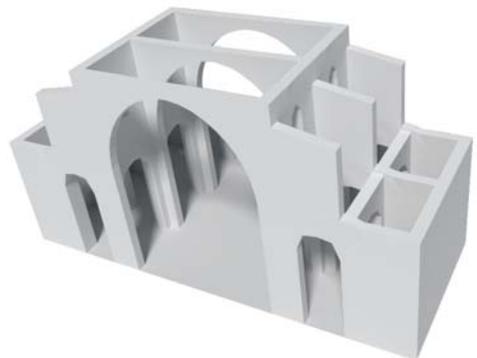
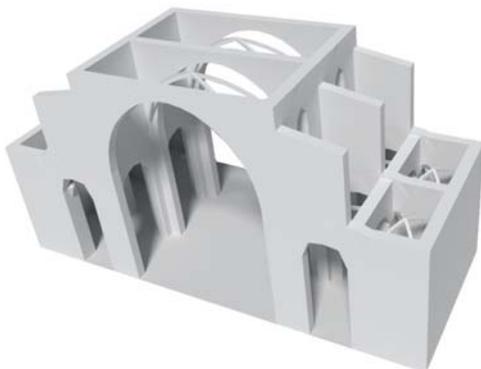
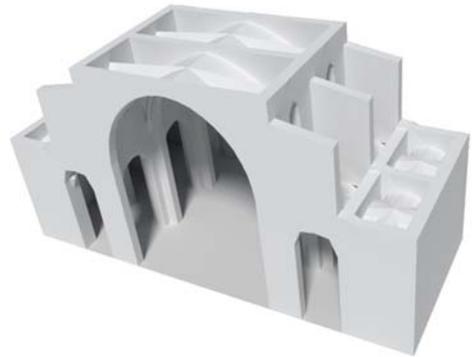
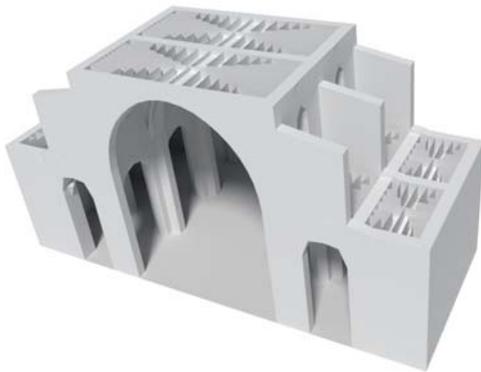
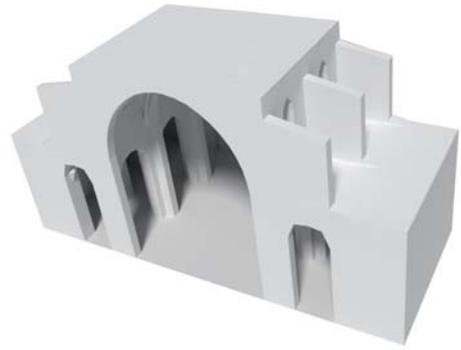
⁹² _ De Mazarredo, 2015, 234.

**Imágenes 6.12, 6.13, 6.14,
6.15 y 6.16_**

Modelo 1.1, explicación constructiva de la elaboración del primer modelo de cálculo a través de una sucesión de maquetas. Las imágenes han sido realizadas con los programas de renderización 3DStudio Max y Blender.

Elaboración_

De la autora. 2015.



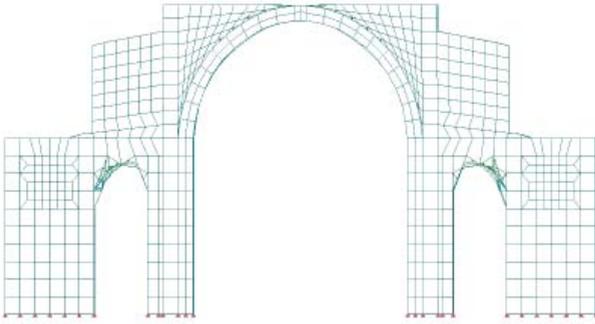


Imagen 6.17_

Modelo 1.1, alzado del modelo de cálculo.

Nodos_ 18679

Sólidos_ 21406

Tetraedros_ 16305

Hexaedros_ 4961

Láminas_ 4730

Nº de ecuaciones_ 68733

Elaboración_

De la autora. 2015.

6.4 MODELO 1.1_

DOS CRUJÍAS, CON DIAFRAGMAS, BÓVEDAS DE PIEDRA Y CUBIERTA PLANA

El primer modelo estructural considerado consiste en las dos crujías contiguas al ábside, ambas pertenecientes a la zona central del edificio. Los elementos estructurales de este modelo, representados en las imágenes 6.12 a 6.16, son:

_los arcos fajones, sobre los que se construyen unas enjutas y a ambos lados de éstos se sitúan los contrafuertes.

_los arcos formeros, sobre los que se disponen los muros del cerramiento. Éstos, junto con los diafragmas en los que se embeben los arcos fajones, forman un entramado murario que le da rigidez al edificio. La influencia que estos diafragmas tienen en el comportamiento estructural del edificio es objeto de análisis en esta investigación.

_las bóvedas de crucería, características de la arquitectura gótica, en la nave central, naves laterales y capillas. Las bóvedas, de 20 cm de espesor, se apoyan sobre unos nervios diagonales que se cruzan en la clave y que aportan rigidez a cada hueco del entramado murario.

_los tabiquillos sobre todas las bóvedas, que reciben la carga de las cubiertas planas.

En este modelo de cálculo se considera de piedra los muros, arcos fajones, arcos formeros, nervios de las bóvedas y también las bóvedas de crucería. Mientras que los tabiquillos que reciben la cubierta plana son los únicos elementos de ladrillo.

El estudio realizado consiste en un cálculo estático lineal, un análisis modal espectral con 15 modos de vibración y un cálculo estático no lineal (pushover) con el sismo introducido en la dirección transversal a la iglesia.

Imágenes 6.18, 6.19, 6.20 y 6.21_

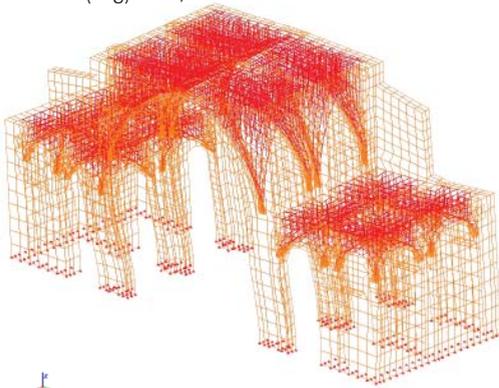
Modelo 1.1, se muestran 4 de los 15 modos de vibración considerados en el análisis modal espectral. Las características dinámicas de todos los modos de vibración se muestran resumidas en una tabla a continuación.

Elaboración_

De la autora. 2015.

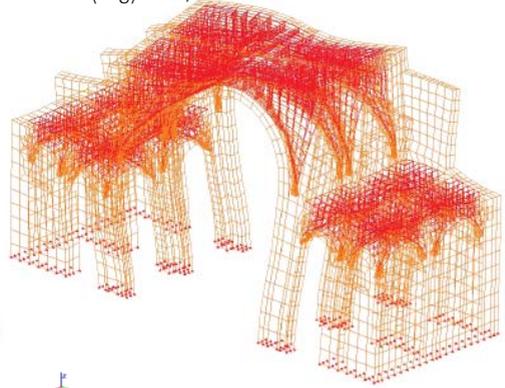
Modo 1_

Frecuencia angular (ω) = 20,3278039862548
Frecuencia (cps) = 3,235271
Periodo (seg) = 0,3090932



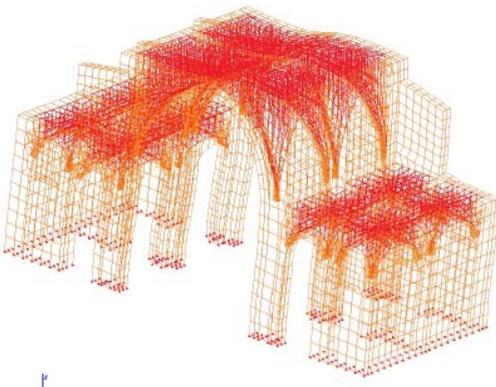
Modo 2_

Frecuencia angular (ω) = 32,5976137175576
Frecuencia (cps) = 5,188071
Periodo (seg) = 0,1927499



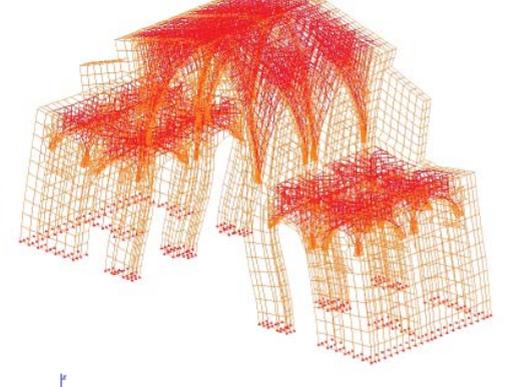
Modo 3_

Frecuencia angular (ω) = 33,4639460059834
Frecuencia (cps) = 5,325953
Periodo (seg) = 0,1877598



Modo 4_

Frecuencia angular (ω) = 46,0786106250985
Frecuencia (cps) = 7,333639
Periodo (seg) = 0,136358



Modo	Periodo (seg)	Mex (%)	Mey (%)	Mez (%)	Mtx (%)	Mty (%)	Mtz (%)
1	0,3090932	64,55%	0,00%	0,00%	64,55%	0,00%	0,00%
2	0,1927499	0,00%	1,52%	0,00%	64,56%	1,52%	0,00%
3	0,1877598	0,00%	76,81%	0,00%	64,56%	78,33%	0,00%
4	0,136358	0,00%	0,00%	0,26%	64,56%	78,33%	0,26%
5	0,1339863	0,01%	0,00%	0,00%	64,56%	78,33%	0,26%
6	0,1330754	0,00%	0,00%	0,00%	64,57%	78,33%	0,26%
7	0,1325657	0,01%	0,00%	0,00%	64,57%	78,33%	0,26%
8	0,1324489	0,00%	0,00%	0,00%	64,58%	78,33%	0,26%
9	0,1243008	0,00%	0,00%	0,00%	64,58%	78,33%	0,26%
10	0,1241665	0,00%	0,00%	0,00%	64,58%	78,33%	0,26%
11	0,1235425	0,00%	0,00%	0,00%	64,58%	78,33%	0,26%
12	0,1227154	0,00%	0,00%	0,00%	64,58%	78,33%	0,26%
13	0,1191746	0,01%	0,00%	0,00%	64,59%	78,33%	0,26%
14	0,1187553	0,01%	0,00%	0,00%	64,60%	78,33%	0,26%
15	0,1167199	0,01%	0,00%	0,00%	64,61%	78,33%	0,26%

Tabla 6.6_ Tabla resumen de los modos de vibración, masas efectivas movidas por cada modo y valores totales acumulados para el modelo 1.1.

A continuación se muestran las fuerzas sísmicas efectivas en dirección Y. En la gráfica, las propiedades dinámicas del modelo se sitúan en la zona con espectro más elevado y aceleraciones efectivas mayores. Esta comprobación también se ha realizado en la Catedral de Valencia, con periodos de oscilación máximos igual que ocurre en el caso de Santa Catalina de 0,3 segundos.⁹³

⁹³ _ Llopis, 2014, 221.

Imágenes 6.22 y 6.23

Fuerzas sísmicas efectivas en la dirección Y, dirección transversal de la iglesia (imagen superior). Comparación de los periodos de oscilación en estructuras rígidas como es Santa Catalina con valores bajos ($T=0,3$ seg) y en estructuras más flexibles como las estructuras modernas con valores más elevados de T (imagen inferior).

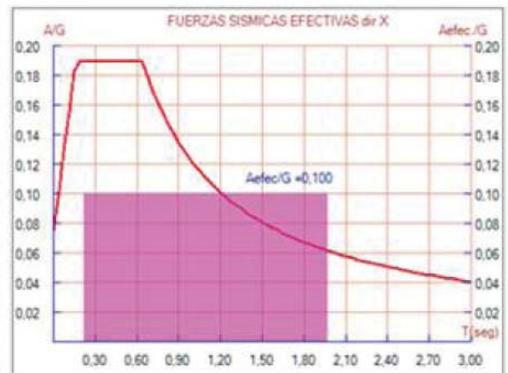
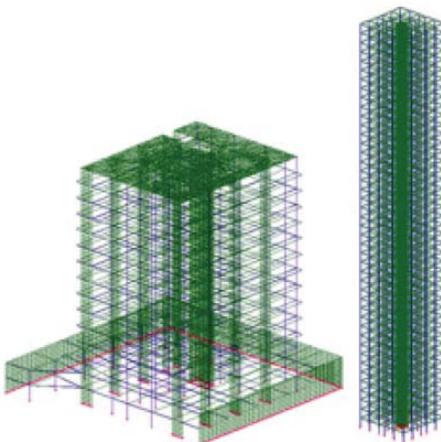
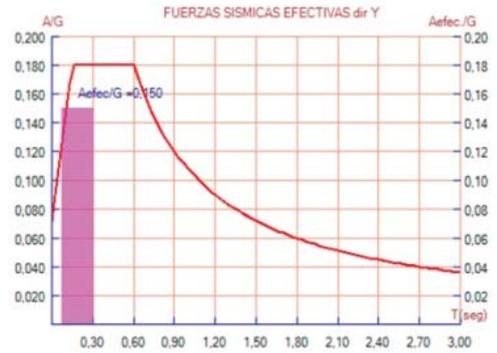
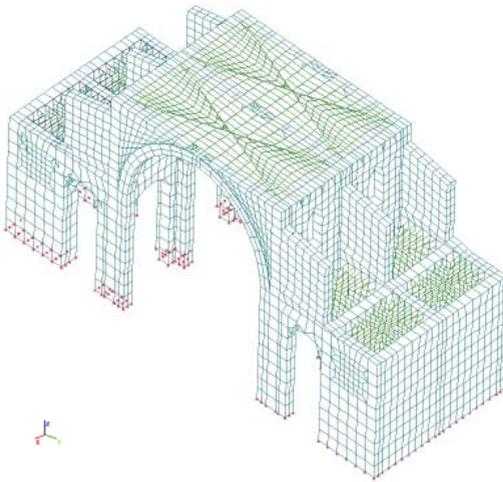


Imagen 6.24 (superior)_

Índice de daño del modelo 1.1 correspondiente al paso 11, para el total de las cargas gravitatorias. El índice de daño no alcanza el valor 1 de rotura.

El daño se concentra en el intradós de la clave de los arcos correspondientes a las capillas laterales y en la zona de los muros en contacto con los tabiquillos que reciben las cubiertas planas.

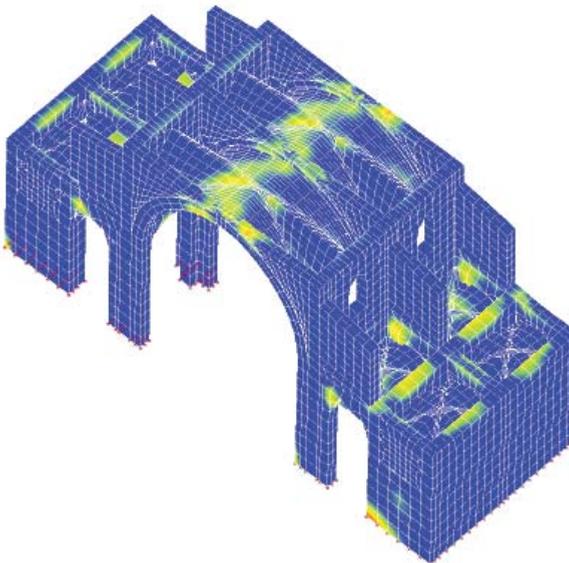
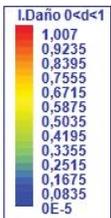
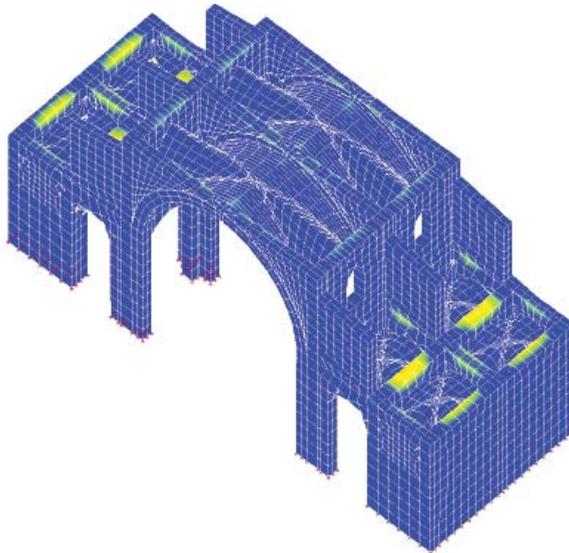
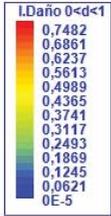


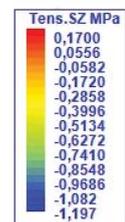
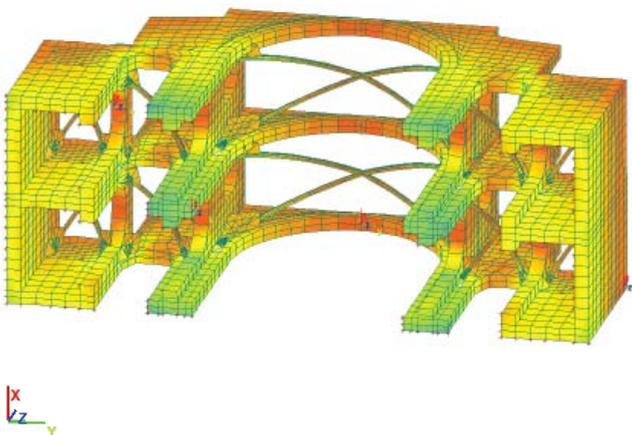
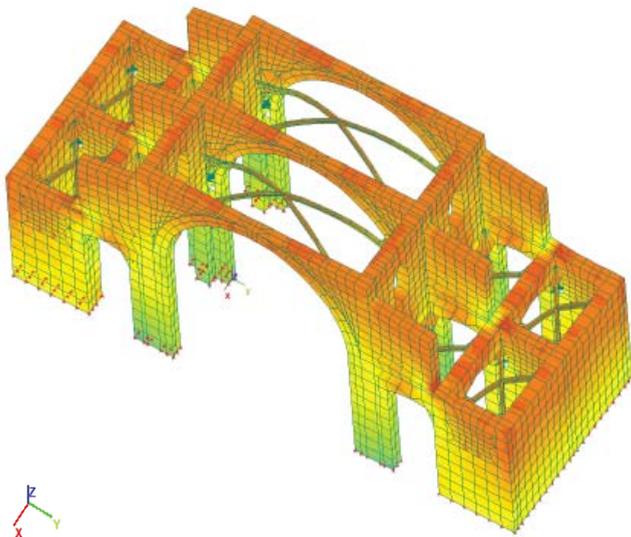
Imagen 6.25 (inferior)_

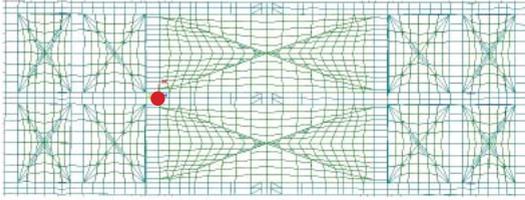
Índice de daño del modelo 1.1 correspondiente al paso 20, con cargas de sismo aplicadas en dirección Y para un sismo con periodo de retorno de 950 años.

El daño es más acusado que en el caso anterior y se extiende al intradós y trasdós de los arcos fajones y a las bóvedas de la nave central, además de a los arcos de las naves y capillas laterales.

Imágenes 6.26 y 6.27_

Representación de isovalores correspondientes a las tensiones según el eje Z (dirección vertical) frente a cargas gravitatorias. Las tensiones máximas se concentran en la base de los pilares centrales alcanzando valores en esos puntos de 0,186 MPa para S_x y S_y y de 0,745 MPa para S_z , valores muy inferiores a la resistencia a compresión de la sillería de 9 MPa.





Imágenes 6.28, 6.29 y 6.30_

Izquierda: Vista en planta del modelo de cálculo en el que se selecciona el punto más elevado situado en el tramo central.

Nudo de control: 18668

Inferiores: Curvas de capacidad-demanda considerando un sismo con periodo de retorno 950 años. Se amplía el eje de abscisas en la inferior.

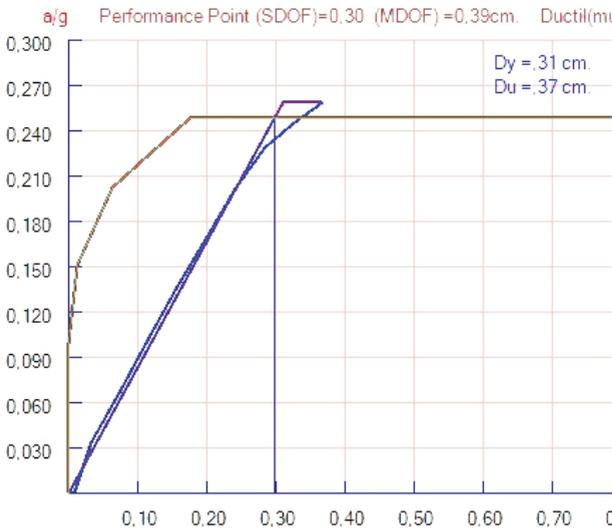
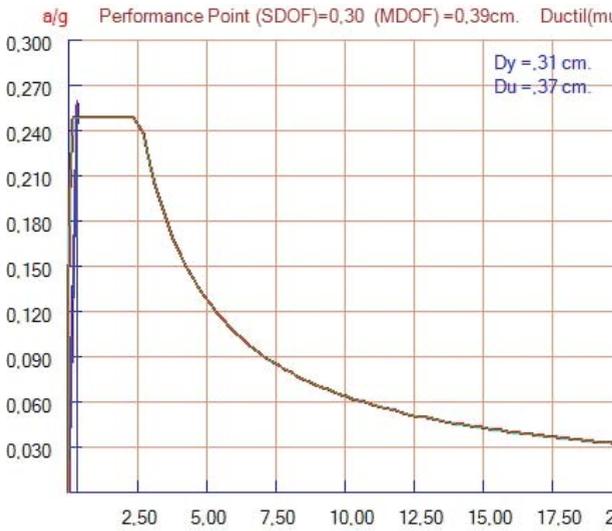
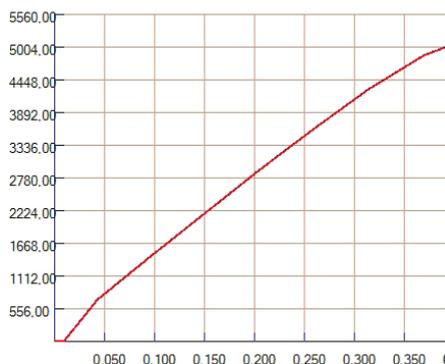


Imagen 6.31_

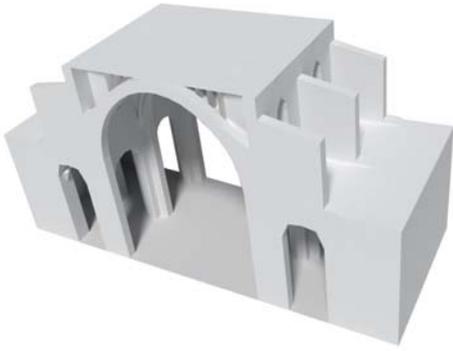
Gráfica que muestra la deformación según las cargas aplicadas. En el eje de abscisas se representa el desplazamiento en Y del nudo de control, en el eje de ordenadas la carga aplicada.



En la vista en planta del modelo estructural, imagen 6.28, se muestra el nudo de control utilizado para analizar su curva capacidad-demanda y sus desplazamientos en Y obtenidos en el cálculo por pushover (estático no lineal) al aplicar un sismo en dirección Y con un periodo de retorno de 950 años.

En la imagen 6.29 se comprueba como la estructura que estamos analizando es muy rígida, como ya se había comentado en la imagen 6.22 de este mismo capítulo, ya que sus propiedades dinámicas se sitúan en la zona más elevada del espectro de diseño. Se realiza una ampliación del eje de abscisas en el que se representa la deformación en Y para poder analizar mejor la intersección entre la curva de capacidad del modelo y la de demanda provocada por el movimiento del terreno a consecuencia de un sismo. Dicha intersección, conocida como performance point o punto de desempeño, indica la máxima deformación en dirección Y alcanzada por el nudo de control. Observamos que el máximo desplazamiento producido es de 0,30 cm con el punto de desempeño en un sistema equivalente de un grado de libertad. La intersección de las dos curvas se produce dentro de la zona elástica de la curva de capacidad provocando daño leve en la estructura y situándose lejos del colapso. Esto nos indica la poca vulnerabilidad de este modelo estructural frente a un sismo.

La gráfica mostrada en la imagen 6.31 representa el movimiento en Y del nudo de control según las cargas aplicadas. Los desplazamientos aumentan conforme aumenta la carga aplicada. Si observáramos la gráfica en la que se representa el movimiento en Y del mismo nudo de control según los pasos aplicados, comprobaríamos como las deformaciones más significativas empiezan a producirse cuando se aplica la carga horizontal de sismo, ya que el primer tramo de esa curva es prácticamente vertical y corresponde a la aplicación de cargas gravitatorias.



**Imágenes 6.32, 6.33, 6.34,
6.35 y 6.36_**

Modelo 1.2, estudio constructivo para la elaboración del segundo modelo de cálculo a través de una sucesión de maquetas. Las imágenes han sido realizadas con los programas de renderización 3DStudio Max y Blender.

Elaboración_

De la autora. 2015.

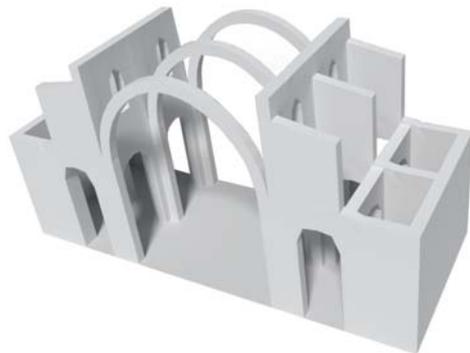
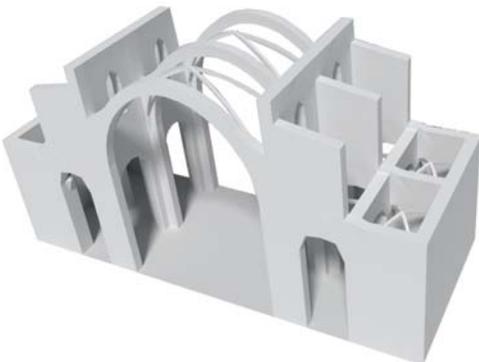
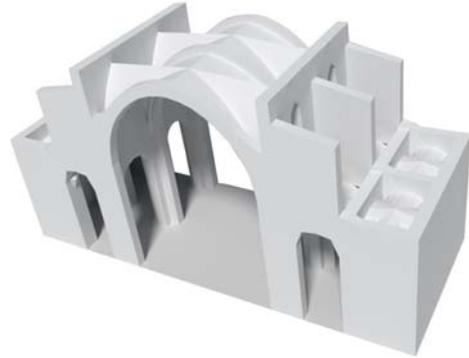
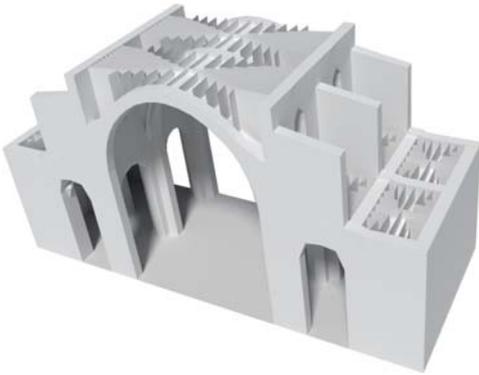


Imagen 6.37_

Modelo 1.2, alzado del modelo de cálculo.

Nodos_ 18152

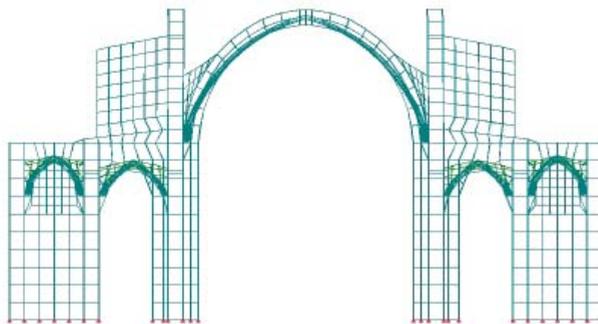
Sólidos_ 20810

Tetraedros_ 16125

Hexaedros_ 4685

Láminas_ 5085

Nº de ecuaciones_ 67308



Elaboración_

De la autora. 2015.

6.5 MODELO 1.2_

DOS CRUJÍAS, SIN DIAFRAGMAS, BÓVEDAS DE PIEDRA Y CUBIERTA PLANA

El segundo modelo estructural considerado consiste también en las dos crujiás centrales del edificio contiguas al ábside. Los elementos estructurales de este modelo son:

_los arcos fajones, con los contrafuertes a sus lados. En este modelo destaca la ausencia de enjutas, que debieron perderse antes de realizar la cubierta inclinada.

_los arcos formeros, sobre los que se disponen los muros del cerramiento.

_las bóvedas de crucería en la nave central así como en las naves y capillas laterales. Las bóvedas, de 20 cm de espesor, se apoyan sobre unos nervios diagonales que se cruzan en la clave y que aportan rigidez a cada hueco del entramado murario.

_los tabiquillos sobre las bóvedas, tanto de la nave central como de las naves y capillas laterales. Estos tabiquillos reciben la carga de las cubiertas planas.

En este modelo de cálculo se considera de piedra los muros, arcos fajones, arcos formeros, nervios de las bóvedas y también las bóvedas de crucería. Mientras que los tabiquillos que reciben la cubierta plana son los únicos elementos de ladrillo, igual que ocurría en el modelo 1.1.

El estudio realizado consiste en un cálculo estático lineal, un análisis modal espectral con 15 modos de vibración y un cálculo estático no lineal (pushover) con el sismo introducido en la dirección Y transversal a la iglesia. Resulta interesante la comparación de los resultados obtenidos con el modelo anterior, analizando la repercusión que tiene en el comportamiento estructural la pérdida de las enjutas.

Imágenes 6.38, 6.39, 6.40 y 6.41

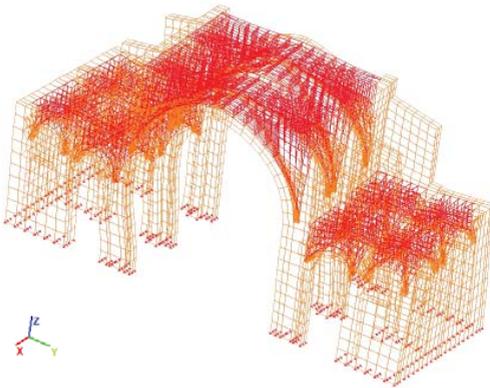
Modelo 1.2, se muestran 4 de los 15 modos de vibración considerados en el análisis modal espectral. Destaca la apertura del arco fajón en el modo 4 que puede producir daños en los nervios de las bóvedas centrales al no soportar la sillería esa tracción.

Elaboración

De la autora. 2015.

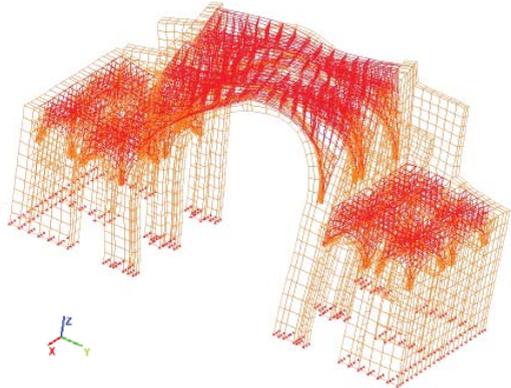
Modo 1

Frecuencia angular (ω) = 21,6862215815416
 Frecuencia (cps) = 3,451469
 Periodo (seg) = 0,2897317



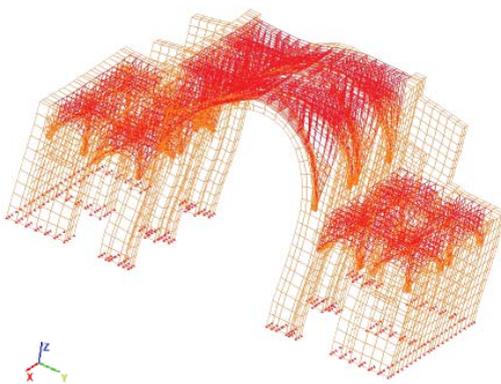
Modo 2

Frecuencia angular (ω) = 32,8284153949831
 Frecuencia (cps) = 5,224804
 Periodo (seg) = 0,1913947



Modo 3

Frecuencia angular (ω) = 34,8060869138392
 Frecuencia (cps) = 5,539561
 Periodo (seg) = 0,1805197



Modo 4

Frecuencia angular (ω) = 45,5542569959885
 Frecuencia (cps) = 7,250185
 Periodo (seg) = 0,1379275

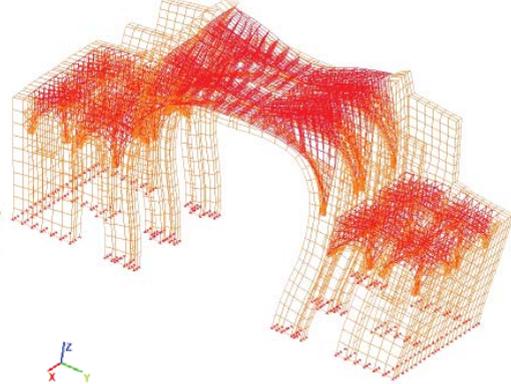
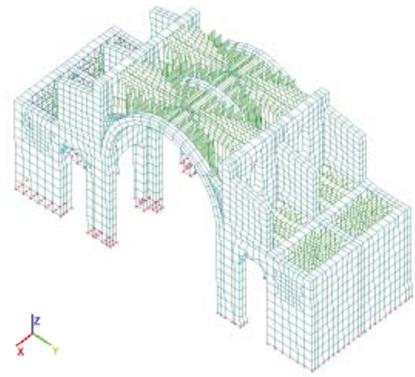


Imagen 6.42_

Modelo 1.2, perspectiva del modelo estructural consistente en cubierta plana, bóvedas de piedra y ausencia de juntas.



Modo	Periodo (seg)	Mex (%)	Mey (%)	Mez (%)	Mtx (%)	Mty (%)	Mtz (%)
1	0,2897317	64,04%	0,01%	0,00%	64,04%	0,01%	0,00%
2	0,1913947	0,10%	0,23%	0,00%	64,13%	0,24%	0,00%
3	0,1805197	0,00%	76,37%	0,00%	64,14%	76,61%	0,00%
4	0,1379275	0,00%	0,04%	0,07%	64,14%	76,75%	0,07%
5	0,1282322	0,00%	0,00%	0,00%	64,14%	76,75%	0,07%
6	0,119037	0,02%	0,00%	0,00%	64,16%	76,75%	0,07%
7	0,117995	0,41%	0,00%	0,01%	64,57%	76,66%	0,08%
8	0,1173312	0,02%	0,00%	0,00%	64,60%	76,66%	0,08%
9	0,1147369	0,01%	0,00%	0,00%	64,60%	76,66%	0,08%
10	0,1125677	0,00%	0,00%	0,00%	64,60%	76,66%	0,08%
11	0,1110724	0,03%	0,00%	0,00%	64,63%	76,66%	0,08%
12	0,1109621	0,00%	0,00%	0,00%	64,64%	76,66%	0,08%
13	0,1109316	0,00%	0,00%	0,00%	64,64%	76,66%	0,08%
14	0,1097531	0,01%	0,00%	0,00%	64,65%	76,66%	0,08%
15	0,1095366	0,06%	0,00%	0,00%	64,71%	76,66%	0,09%

Tabla 6.7_ Tabla resumen de los modos de vibración, masas efectivas movidas por cada modo y valores totales acumulados para el modelo 1.2.

A continuación se muestra el índice de daño por un lado para el total de las cargas gravitatorias y por otro, una vez están actuando las fuerzas horizontales de sismo. Además se muestran los isovalores correspondientes a las tensiones en Z, localizando los puntos más solicitados. Por último se analizan los desplazamientos en Y de un punto central y más elevado del modelo y se grafían sus curvas de capacidad y demanda, situando el punto de desempeño y estudiando el tipo de daño que se produce en la estructura.

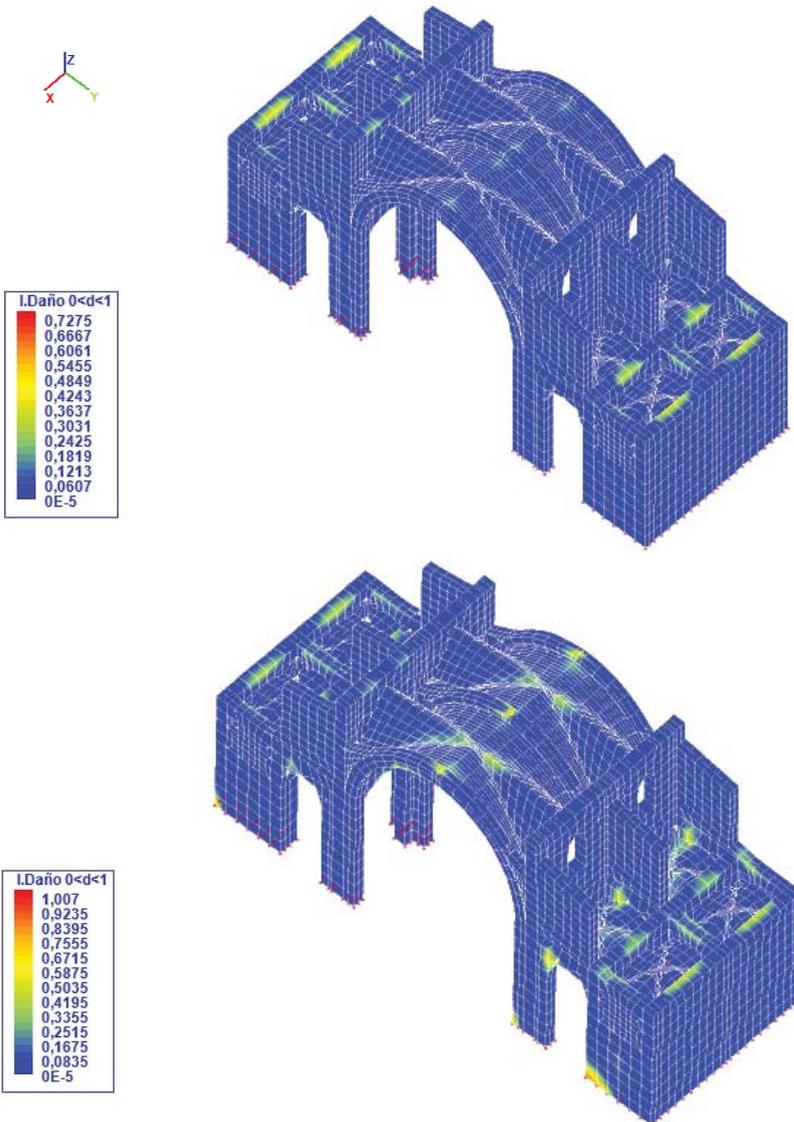
Imagen 6.43 (superior)_

Índice de daño del modelo 1.2 correspondiente al paso 11, para el total de las cargas gravitatorias. El índice de daño no alcanza el valor 1 de rotura. El daño se concentra en el intradós de la clave de los arcos fajones (en el modelo anterior no aparecía este daño), en las capillas laterales y en el contacto de los muros con los tabiquillos que reciben las cubiertas planas.

Imagen 6.44 (inferior)_

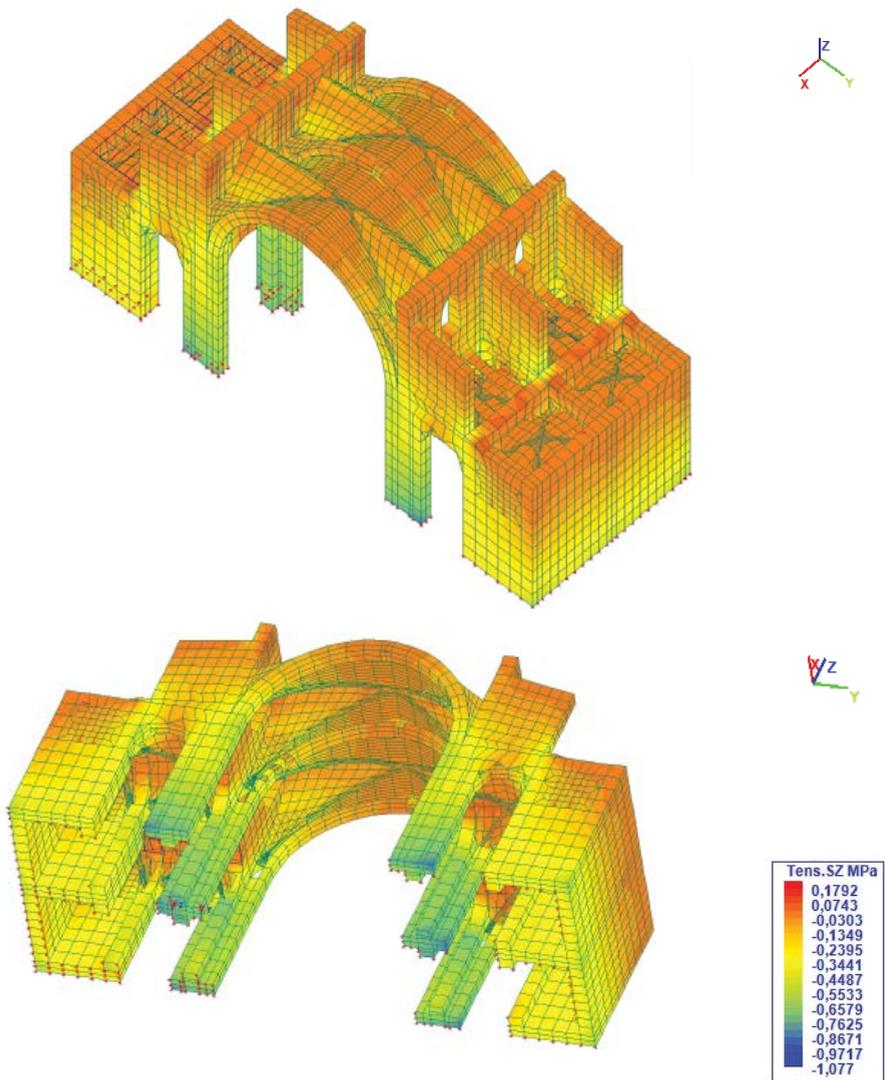
Índice de daño del modelo 1.2 correspondiente al paso 20, con cargas de sismo aplicadas en dirección Y para un sismo con periodo de retorno de 950 años.

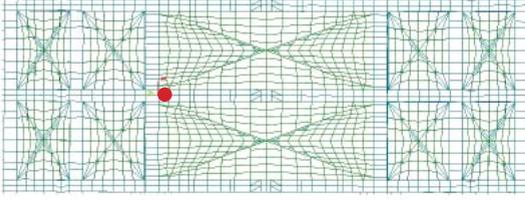
El daño es más acusado que en el caso anterior y se extiende al intradós y trasdós de los arcos fajones y a las bóvedas de la nave central, además de a los arcos de las naves y capillas laterales.



Imágenes 6.45 y 6.46_

Representación de isovalores correspondientes a las tensiones según el eje Z (dirección vertical) frente a cargas gravitatorias. Las tensiones máximas se concentran en la base de los pilares centrales alcanzando valores en esos puntos de 0,181 MPa para S_x y S_y y de 0,726 MPa para S_z , valores muy inferiores a la resistencia a compresión de la sillería de 9 MPa.





Imágenes 6.47, 6.48 y 6.49_

Izquierda: Vista en planta del modelo de cálculo en el que se selecciona el punto más elevado situado en el tramo central.

Nudo de control: 18005

Inferiores: Curvas de capacidad-demanda considerando un sismo con periodo de retorno 950 años. Se amplía el eje de abscisas en la inferior.

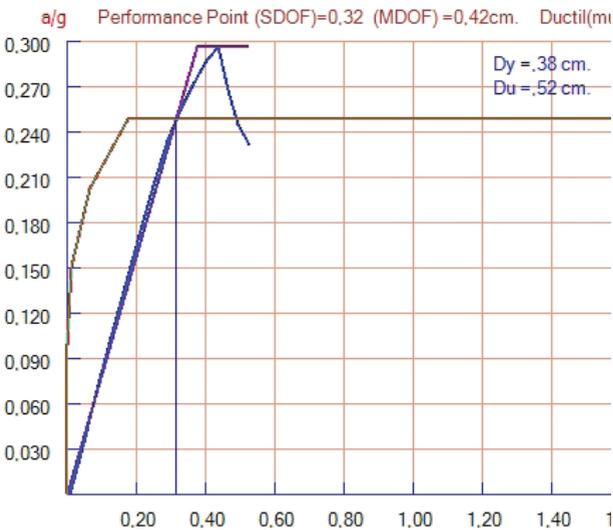
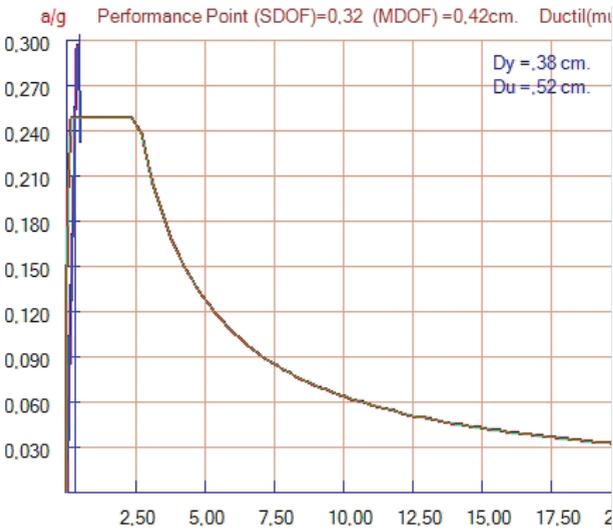
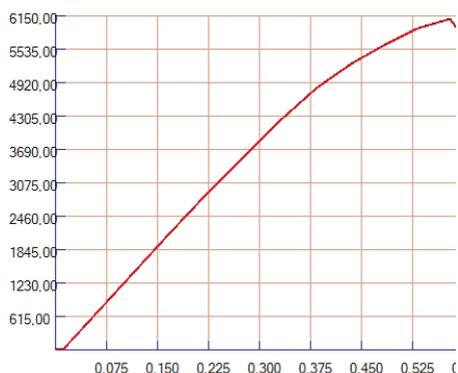


Imagen 6.50_

Gráfica que muestra el desplazamiento de un punto de control según las cargas aplicadas. En el eje de abscisas se representa el desplazamiento en Y del nudo de control, en el eje de ordenadas las cargas aplicadas.



En la vista en planta del modelo estructural, imagen 6.47, se muestra el nudo de control utilizado para analizar su curva capacidad-demanda y sus desplazamientos en Y obtenidos en el cálculo por pushover (estático no lineal) al aplicar un sismo en dirección Y con un periodo de retorno de 950 años.

En la imagen 6.48 se confirma la rigidez de la estructura, como ya se había comentado en la imagen 6.22 de este mismo capítulo, ya que sus propiedades dinámicas se sitúan en la zona más elevada del espectro de diseño. Observamos en la imagen 6.49 que el máximo desplazamiento producido en Y es de 0,32 cm con el punto de desempeño en un sistema equivalente de un grado de libertad. Comparándolo con el modelo 1.1, se comprueba que este modelo sufre movimientos mayores debido a la pérdida de rigidez que le aportaban las enjutas del modelo anterior. La intersección de las dos curvas sigue produciéndose dentro de la zona elástica de la curva de capacidad provocando daño leve en la estructura y situándose lejos del colapso. La estructura sigue siendo muy rígida dada su configuración geométrica, los contrafuertes y las capillas laterales le aportan un alto grado de rigidez. Este modelo estructural continúa siendo poco vulnerable frente a un sismo.

La gráfica mostrada en la imagen 6.50 representa el movimiento en Y del nudo de control. Los desplazamientos en Y del punto de control van aumentando proporcionalmente a la carga aplicada hasta que alcanzan un valor tal que este incremento de deformación deja de ser proporcional, sufriendo mayor desplazamiento para el mismo incremento de carga.



**Imágenes 6.51, 6.52, 6.53,
6.54 y 6.55_**

Modelo 1.3, estudio constructivo para la elaboración del tercer modelo de cálculo a través de una sucesión de maquetas. Las imágenes han sido realizadas con los programas de renderización 3DStudio Max y Blender.

Elaboración_

De la autora. 2015.

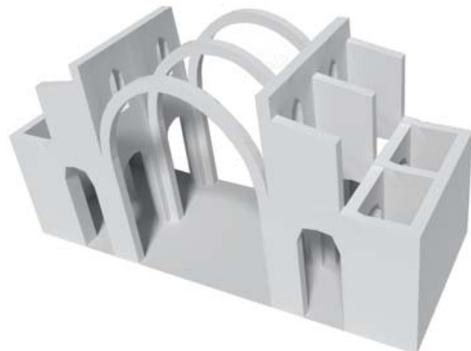
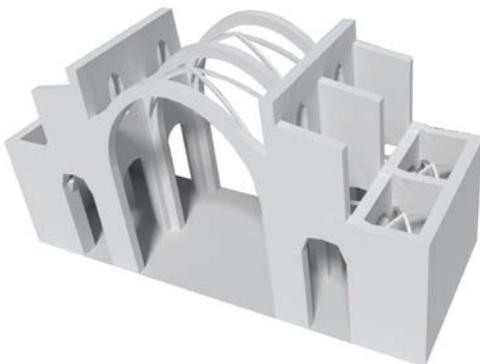
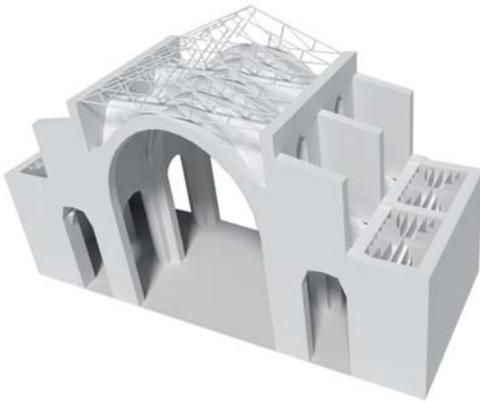


Imagen 6.56_

Modelo 1.3, alzado del modelo de cálculo.

Nodos_ 16715

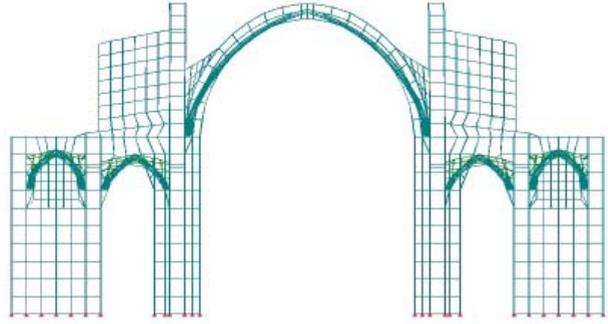
Sólidos_ 20814

Tetraedros_ 16125

Hexaedros_ 4689

Láminas_ 3216

Nº de ecuaciones_ 58593



Elaboración_

De la autora. 2015.

6.6 MODELO 1.3_

DOS CRUJÍAS, SIN DIAFRAGMAS, BÓVEDAS DE PIEDRA Y CUBIERTA INCLINADA

El tercer modelo de cálculo estudiado está formado también por las dos crujiás centrales del edificio contiguas al ábside. Los elementos estructurales de este modelo son:

_los arcos fajones, a ambos lados de los cuáles se sitúan los contrafuertes. En este modelo destaca la ausencia de enjutas, igual que ocurría en el modelo 1.2.

_los arcos formeros, sobre los que se disponen los muros del cerramiento.

_las bóvedas de crucería en la nave central así como en las naves laterales y capillas. Las bóvedas, de 20 cm de espesor, se apoyan sobre unos nervios diagonales que se cruzan en la clave y que aportan rigidez a cada hueco del entramado murario.

_los tabiquillos sobre las bóvedas de las naves laterales y capillas. Estos tabiquillos reciben la carga de las cubiertas planas de estos espacios.

_las cerchas metálicas situadas en la nave central. Estas cerchas reciben la cubierta inclinada de esta zona del edificio.

En este modelo de cálculo se considera de piedra los muros, arcos fajones, arcos formeros, nervios de las bóvedas y también las bóvedas de crucería. Mientras que los tabiquillos que reciben la cubierta plana de las naves laterales y capillas son los únicos elementos de ladrillo.

Se realizan los mismos cálculos que en los dos modelos anteriores: análisis estático lineal, análisis modal espectral y un cálculo estático no lineal (pushover).

Imágenes 6.57, 6.58, 6.59 y 6.60

Modelo 1.3, se muestran 4 de los 15 modos de vibración considerados en el análisis modal espectral. Destaca la apertura del arco fajón en el modo 4 que puede producir daños en los nervios de las bóvedas centrales al no soportar la sillería esa tracción.

Elaboración

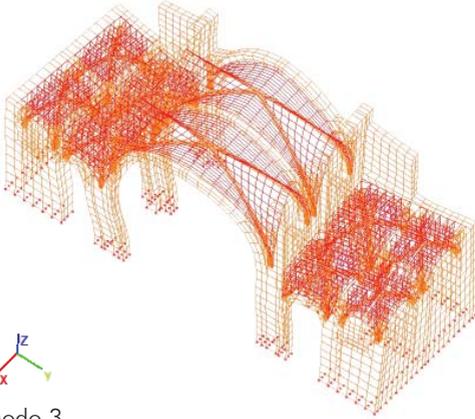
De la autora. 2015.

Modo 1_

Frecuencia angular (ω) = 30,7945421469105

Frecuencia (cps) = 4,901103

Periodo (seg) = 0,2040357

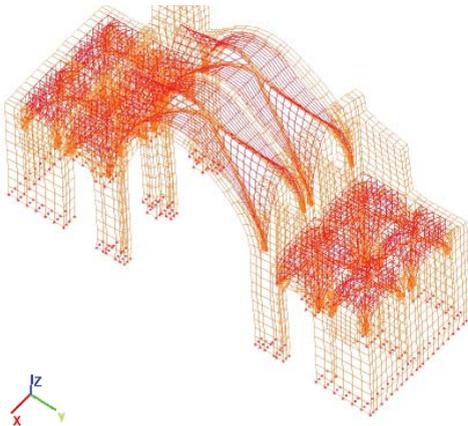


Modo 3_

Frecuencia angular (ω) = 47,5595328327031

Frecuencia (cps) = 7,569335

Periodo (seg) = 0,132112

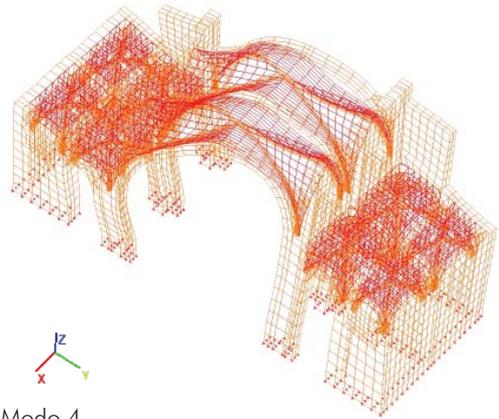


Modo 2_

Frecuencia angular (ω) = 39,9321046924404

Frecuencia (cps) = 6,355392

Periodo (seg) = 0,1573467



Modo 4_

Frecuencia angular (ω) = 54,5101298572357

Frecuencia (cps) = 8,675556

Periodo (seg) = 0,1152664

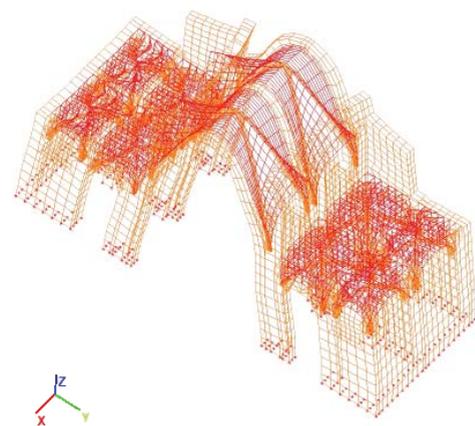


Imagen 6.61 (superior)_

Índice de daño del modelo 1.3 correspondiente al paso 11, para el total de las cargas gravitatorias. El índice de daño no alcanza el valor 1 de rotura.

El daño se concentra en el intradós de la clave de los arcos de las capillas laterales y en el contacto de los muros con los tabiquillos que reciben las cubiertas planas.

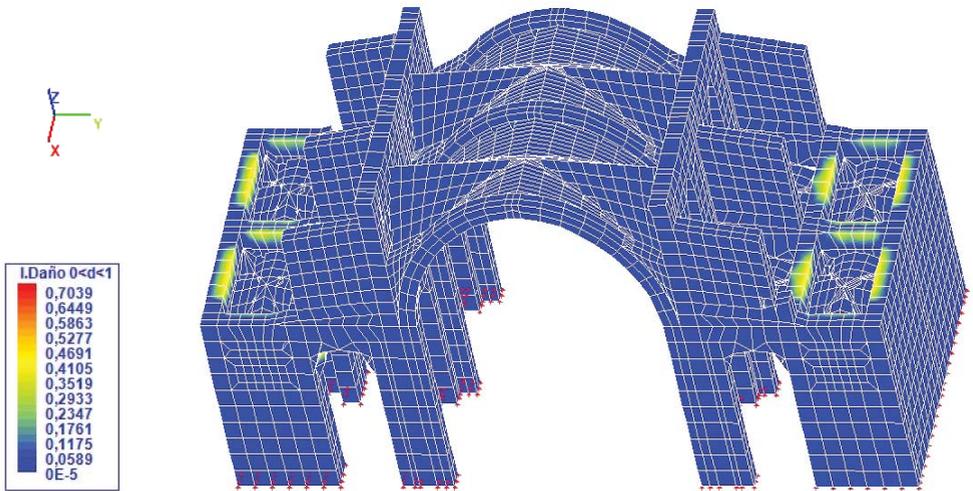
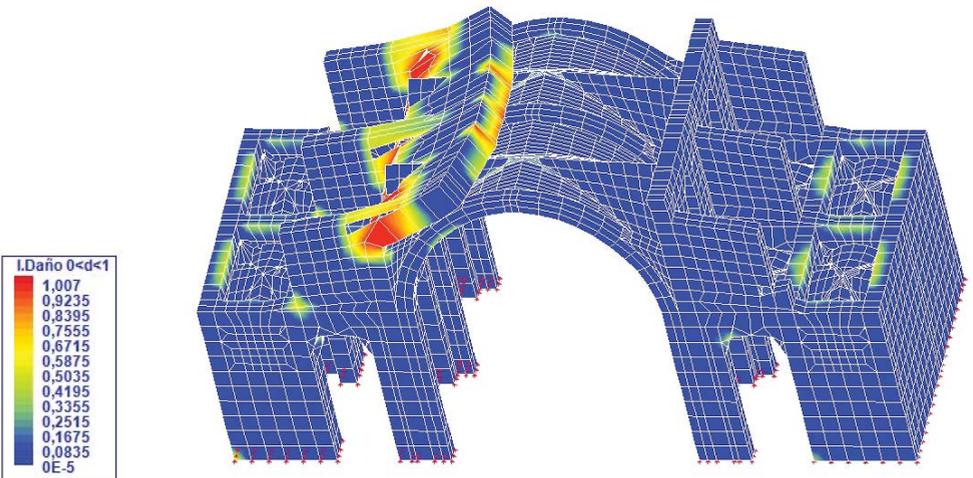


Imagen 6.62 (inferior)_

Índice de daño del modelo 1.3 correspondiente al paso 20, con cargas de sismo aplicadas en dirección Y para un sismo con periodo de retorno de 950 años.

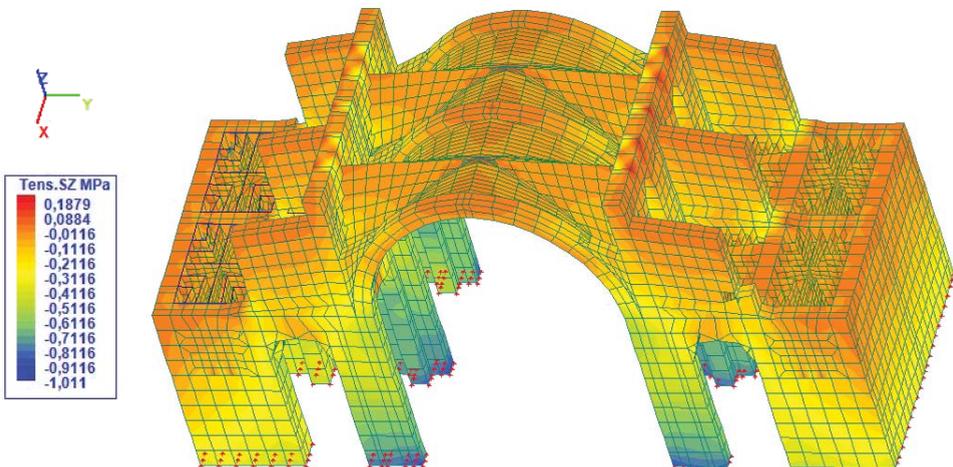
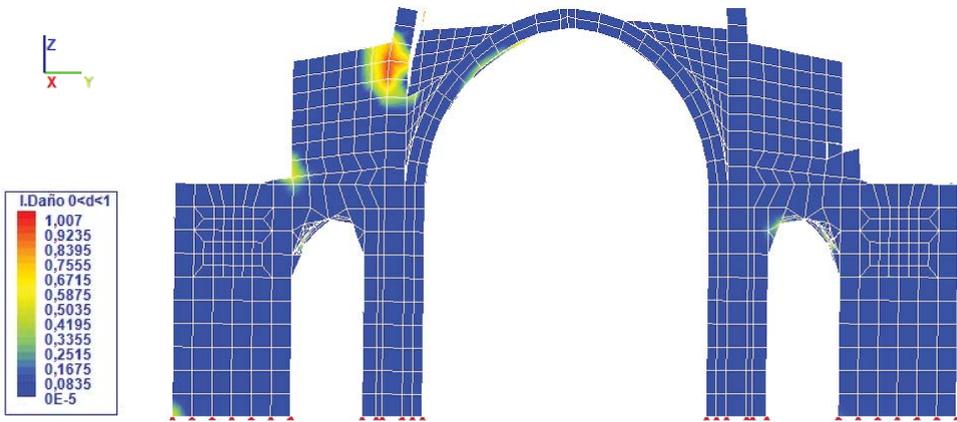
El daño es más acusado que en el modelo 1.2, colapsando el muro superior de los arcos formeros y extendiéndose el daño también a las claves de los nervios en las bóvedas de la nave central.



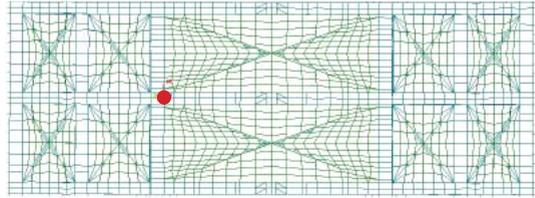
Imágenes 6.63 y 6.64

Superior: Índice de daño correspondiente al paso 19. La ausencia de arbotantes y de cubierta plana le da más flexibilidad al muro de los arcos formeros, haciéndolo trabajar como voladizo.

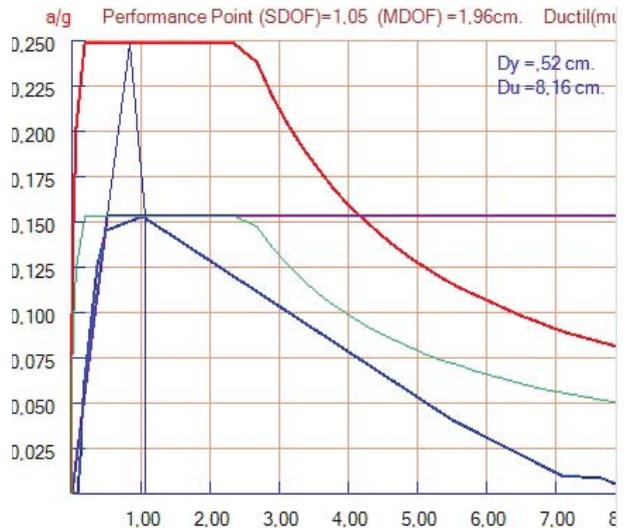
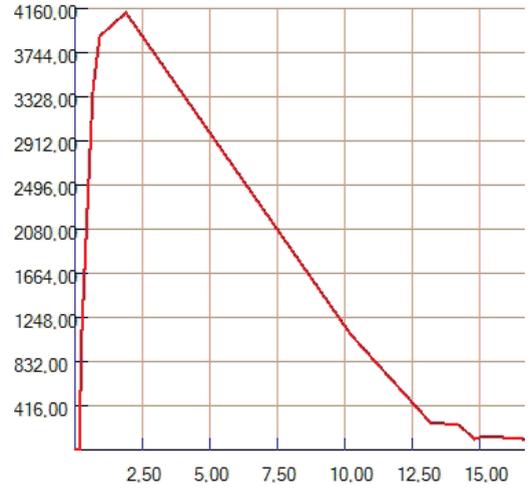
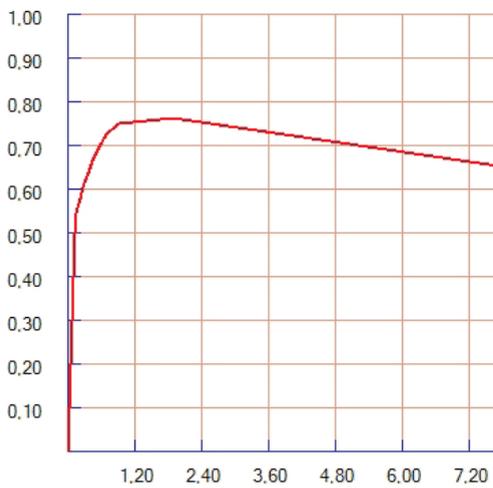
Inferior: Representación de isovalores correspondientes a las tensiones en Z frente a cargas gravitatorias. Las tensiones máximas se concentran en la base de las pilastres.



Imágenes 6.65, 6.66 y 6.67
 Derecha: Vista en planta del modelo de cálculo en el que se selecciona el punto más elevado situado en el tramo central.



Nudo de control: 16617
 Inferiores: Desplazamiento en Y del nudo de control (según pasos -izqda- y según carga -dcha-) y curva de capacidad-demanda con un sismo con periodo de retorno 950 años.



En las imágenes 6.57 a 6.60 se observan como las frecuencias angulares en los 4 primeros modos de vibración de los 15 considerados en todos los modelos alcanzan valores más elevados que en los modelos de cálculo 1.1 y 1.2.

Para el punto de control marcado en la imagen 6.65, se han extraído las gráficas que muestran su desplazamiento en Y para los pasos considerados además de para las cargas aplicadas, y su performance point con las curvas de capacidad y demanda. Analizando la curva del desplazamiento en Y se observa que una vez alcanzado el valor de 1,05 cm la gráfica comienza a descender, es decir, aunque se disminuya la aplicación de las fuerzas horizontales de sismo el punto seguirá aumentando su desplazamiento en Y. Comparando esta información con la gráfica de capacidad-demanda, el punto de desempeño es de 1,05 cm y se produce el colapso para un sismo con periodo de retorno de 950 años.

Como resumen a la vista de los resultados obtenidos en este modelo 1.3 podemos afirmar que la estructura ha perdido rigidez al eliminarse el acodamiento que le proporcionaba la cubierta plana, característica propia del Tipo B según la clasificación realizada por Cassinello, constatando así analíticamente que la cubierta plana resulta más estable frente a sismos que la cubierta inclinada a dos aguas.⁹⁴

⁹⁴ _ Cassinello, 2005, 15.

Imagen 6.68_

Modelo 1.4, perspectiva del modelo de cálculo.

Nodos_ 16715

Sólidos_ 20814

Tetraedros_ 16125

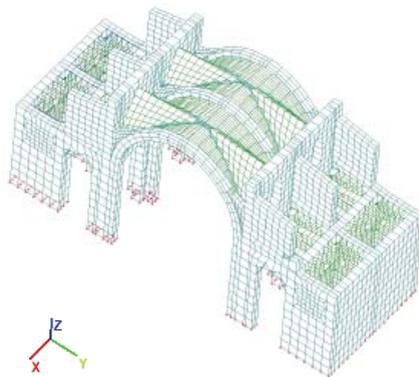
Hexaedros_ 4689

Láminas_ 3216

Nº de ecuaciones_ 58593

Elaboración_

De la autora. 2015.



6.7 MODELO 1.4_ SITUACIÓN ACTUAL

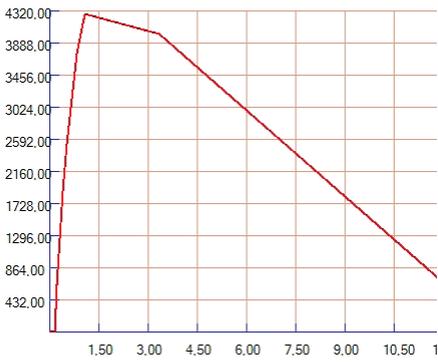
DOS CRUJÍAS, SIN DIAFRAGMAS, BÓVEDAS DE LADRILLO Y CUBIERTA INCLINADA

El cuarto modelo de cálculo estudiado está formado también por las dos crujiás centrales del edificio contiguas al ábside. Los elementos estructurales de este modelo son los mismos que en el modelo 1.3, la diferencia radica en considerar las bóvedas de ladrillo en lugar de piedra. En este caso, las bóvedas son tabicadas de doble rosca de un espesor total de 10 cm.

Este cambio en la configuración constructiva de la iglesia se produce con la intervención efectuada por Gay. Él justificaba que la situación de ruina en la que se encontraba el edificio tras la guerra civil era, en parte, debida a las bóvedas de piedra que le transmitían demasiado peso a las pilastras centrales y éstas no estaban dimensionadas para soportarlo. Con los modelos anteriores hemos comprobado que la máxima tensión en Z alcanzada en esos puntos tiene valores muy inferiores a la resistencia a compresión de la sillería, por lo que quedaría comprobado que Gay se equivocaba en su razonamiento.

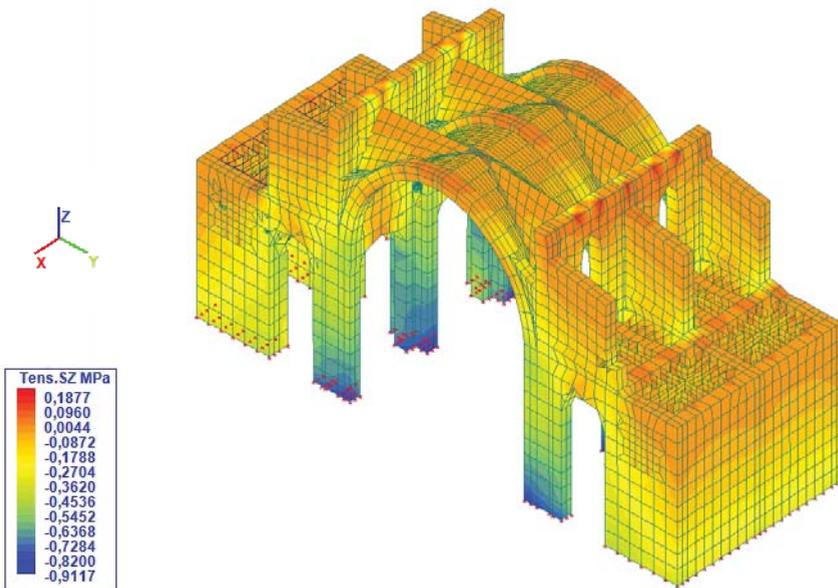
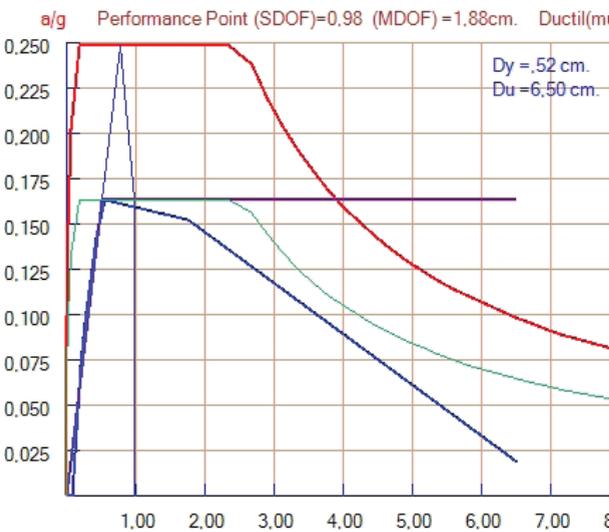
El objetivo de este modelo es comprobar el grado de flexibilidad que aporta el cambio de bóvedas de piedra por bóvedas de ladrillo, manteniendo los nervios de piedra, como hizo Gay.

Se realizan los mismos cálculos que en los modelos anteriores: análisis estático lineal, análisis modal espectral y un cálculo estático no lineal (pushover).



Imágenes 6.69, 6.70 y 6.71_

Izquierda: Desplazamiento en Y del mismo nudo de control considerado en los modelos anteriores
 Inferiores: Curva de capacidad-demanda para ese mismo punto con un sismo con periodo de retorno 950 años e isovalores correspondientes a las tensiones en Z frente a cargas gravitatorias.



En este modelo 1.4, se ha considerado la ausencia de diafragmas, cubierta inclinada y bóvedas de ladrillo, es decir, la situación constructiva actual que vive el edificio. Se ha analizado los movimientos en Y que sufre el mismo punto de control utilizado en los modelos anteriores, un punto de los más elevados situado en la zona central. En la imagen 6.69 se observa como al alcanzar un desplazamiento de un valor cercano a 1 cm la gráfica empieza a descender. Ocurre lo mismo que en el modelo anterior, aunque se aplique menos carga de sismo el punto seguirá aumentando su desplazamiento en Y.

Analizando el punto de desempeño y los valores D_y y D_u obtenidos en la imagen 6.70, podemos concluir aplicando los umbrales de daño que la estructura alcanzará el colapso, demostrando así la rigidez aportada por las bóvedas de piedra frente a las de ladrillo.

En cuanto a las tensiones en Z alcanzadas en la base de las pilastras centrales se obtienen valores máximos de 0'91 MPa, inferiores a los máximos encontrados en el modelo 1.3 de 1'01 MPa como es lógico ya que las bóvedas de ladrillo transmiten un peso menor que las de piedra, pero aún así son valores muy lejanos de los 9 MPa considerados como resistencia a compresión de la sillería. Claramente ésta no era razón suficiente que justificara el cambio de material en las bóvedas en la intervención realizada por Gay.

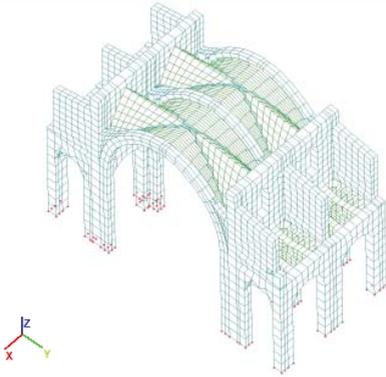


Imagen 6.72_

Modelo 1.5, perspectiva del modelo de cálculo.

Nodos_ 12020

Sólidos_ 16074

Tetraedros_ 12893

Hexaedros_ 3181

Láminas_ 2224

Nº de ecuaciones_ 41610

Elaboración_

De la autora. 2015.

6.8 MODELO 1.5_ SITUACIÓN FICTICIA DOS CRUJÍAS AUSENCIA DE CAPILLAS LATERALES A AMBOS LADOS

Tras analizar numéricamente los cuatro modelos anteriores se concluye que, a pesar que con cada fase constructiva el edificio ha ido ganando flexibilidad con respecto a su situación inmediatamente anterior, el edificio sigue siendo bastante rígido ya que únicamente sufriría daños moderados en un porcentaje del 30'77%.

Su geometría le confiere un elevado grado de rigidez, ya que los marcos correspondientes a la nave central tienen una proporción rectangular cercana a $Ax3A$, con un ámbito de carga relativamente pequeño en cada arco fajón. Además cuenta con contrafuertes sobre las naves laterales y a esto se añaden capillas a ambos lados de las naves laterales. El objetivo de este quinto modelo de cálculo realizado es cuantificar el grado de rigidez que esas capillas le están aportando a la iglesia, capillas que no existen en el lado del Evangelio en las cuatro crujías situadas a los pies dado que su emplazamiento urbanístico le impedía crecer por igual a ambos lados.

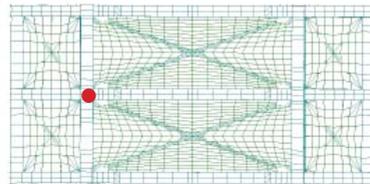
Se realizan los mismos cálculos que en los modelos anteriores: análisis estático lineal, análisis modal espectral y un cálculo estático no lineal (pushover).

Según la imagen 6.75, se observa que el punto de desempeño se sitúa en 1'62 cm, siendo D_y 0'72 cm y D_u 1'11 cm, por lo que se concluye que se produciría un nivel de daño completo en el edificio. Queda demostrado así el alto grado de confinamiento que le produce a la iglesia la existencia de ambas capillas laterales, configurando un edificio muy rígido frente a esfuerzos de sismo.

El siguiente paso en la investigación es estudiar el modelo del edificio completo y comprobar si existe algún elemento débil en su respuesta a sismo.

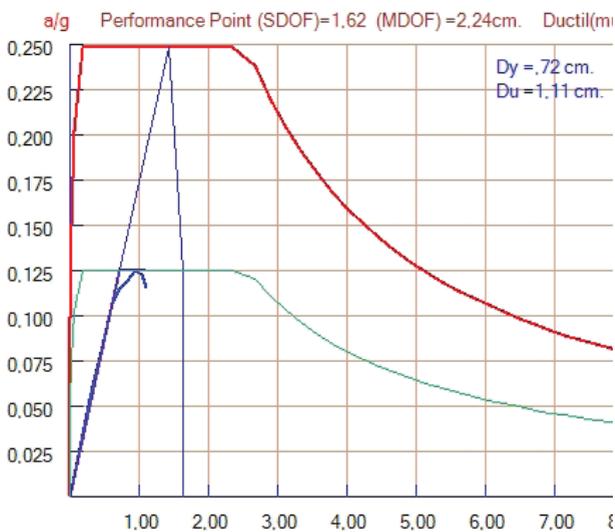
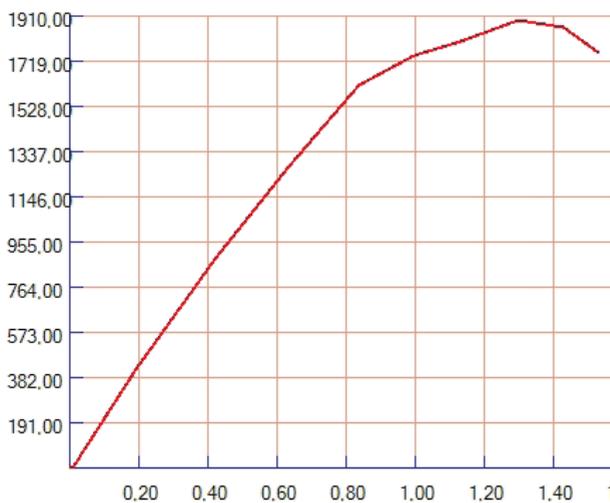
Imágenes 6.73, 6.74 y 6.75

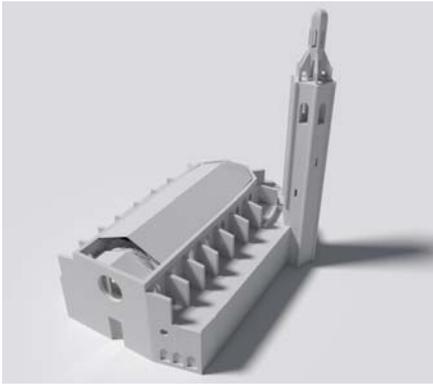
Derecha: Vista en planta del modelo de cálculo en el que se selecciona el punto más elevado situado en el tramo central.



Nudo de control: 11924

Inferiores: Desplazamiento en Y del nudo de control y curva de capacidad-demanda con un sismo con periodo de retorno 950 años.





**Imágenes 6.76, 6.77, 6.78,
6.79 y 6.80_**

Modelo 2, estudio constructivo del edificio completo en su situación actual para la elaboración del modelo de cálculo a través de una sucesión de maquetas. Las imágenes han sido realizadas con los programas de renderización 3DStudio Max y Blender.

Elaboración_

De la autora. 2015.

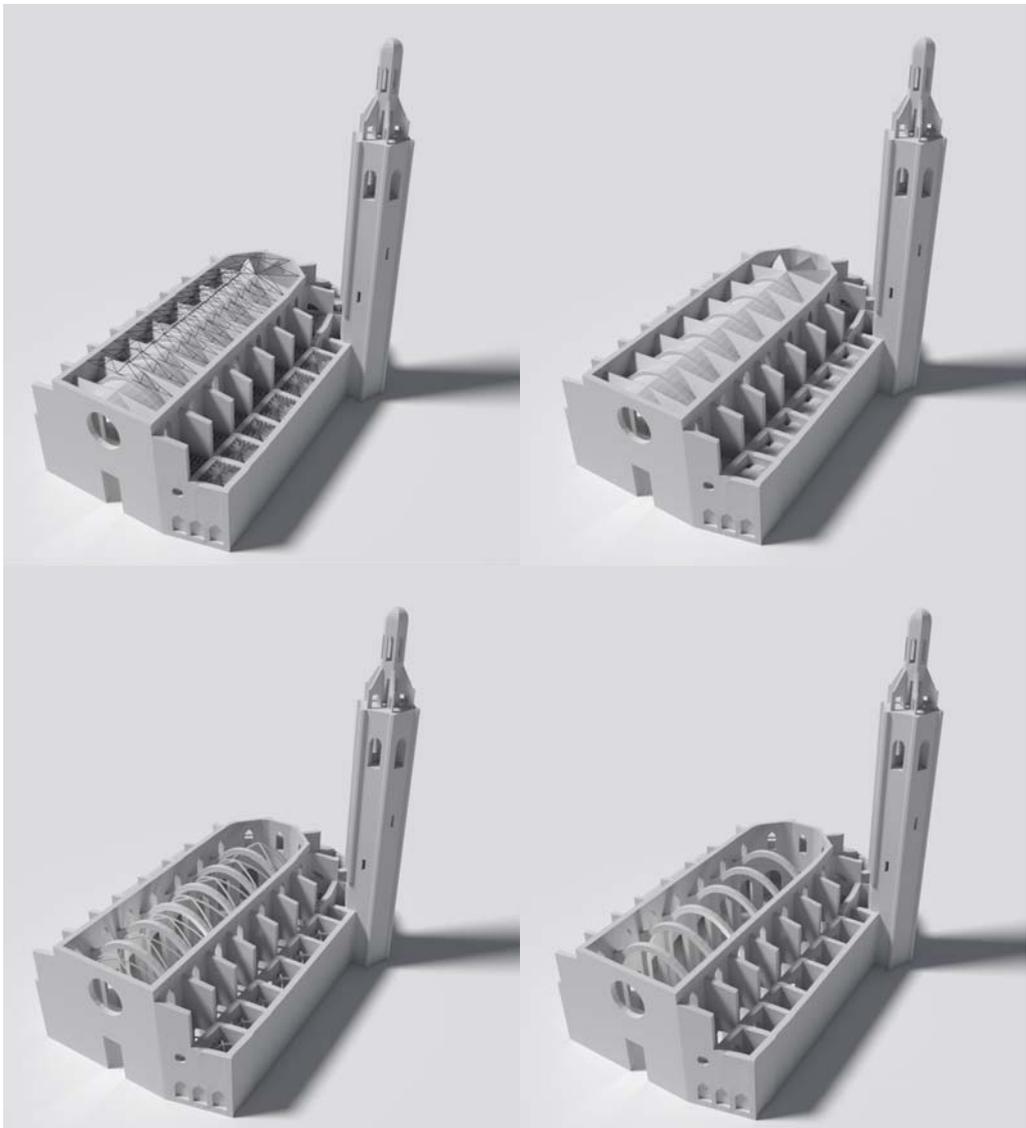
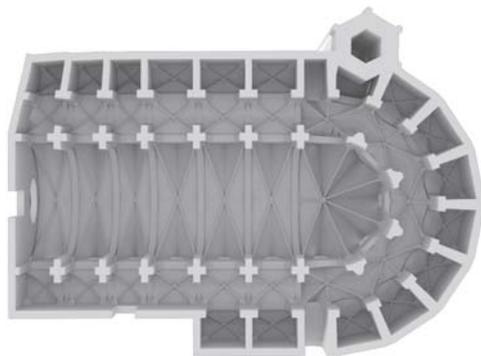


Imagen 6.81_

Modelo 2, vista cenital del conjunto del edificio. Destaca la asimetría del edificio respecto de su eje longitudinal con la ausencia de cuatro capillas laterales en el lado de la Epístola. Puede observarse el sistema de abovedamiento además del espesor de los muros en las naves y la torre.



Elaboración_

De la autora. 2015.

6.9 MODELO 2_ SITUACIÓN ACTUAL

CONJUNTO, SIN DIAFRAGMAS, BÓVEDAS DE LADRILLO Y CUBIERTA INCLINADA

El sexto modelo de cálculo estudiado está formado por el edificio completo, incluyendo en él las deformaciones obtenidas con el escáner láser y la intervención realizada por Casar sobre la cubierta en su primer tramo recayente a la Plaza Lope de Vega, como puede observarse en la imagen 6.76. Por lo tanto, los elementos estructurales de este modelo corresponden a la situación actual y son:

_los arcos fajones, a ambos lados de los cuáles se sitúan los contrafuertes. En este modelo destaca la ausencia de enjutas, cuya influencia ya se ha estudiado en los modelos anteriores.

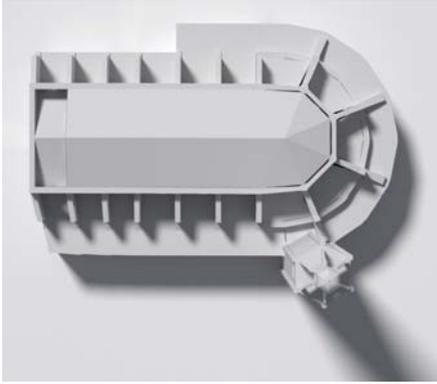
_los arcos formeros, sobre los que se disponen los muros del cerramiento.

_las bóvedas de crucería en la nave central así como en las naves laterales y capillas. Las bóvedas, de 10 cm de espesor, se apoyan sobre unos nervios diagonales que se cruzan en la clave.

_los tabiquillos sobre las bóvedas de las naves y capillas laterales y también en la zona del ábside. Estos tabiquillos reciben la carga de las cubiertas planas que cubren estos espacios.

_las cerchas metálicas situadas en la nave central y en las bóveda de la cabecera. Estas cerchas reciben la cubierta inclinada que cubre estas zonas del edificio.

_además se modeliza el campanario, elemento de gran esbeltez e interesante para estudiar su comportamiento frente a sismo.

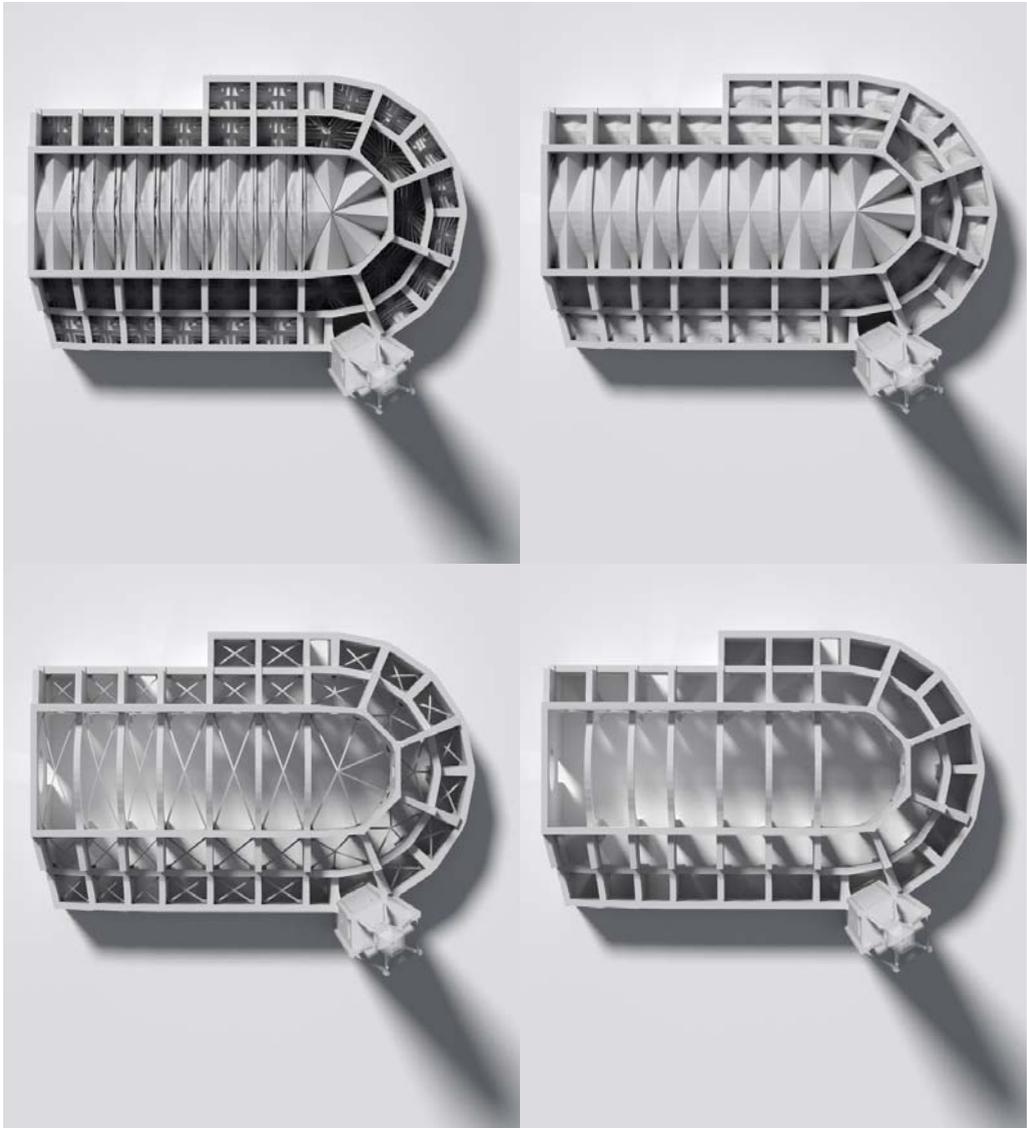


**Imágenes 6.82, 6.83, 6.84,
6.85 y 6.86_**

Modelo 2, estudio constructivo del edificio completo en su situación actual para la elaboración del modelo de cálculo a través de una sucesión de maquetas. Las imágenes han sido realizadas con los programas de renderización 3DStudio Max y Blender.

Elaboración_

De la autora. 2015.



Imágenes 6.87, 6.88 y 6.89

Izquierda: Acceso junto a la torre campanario.

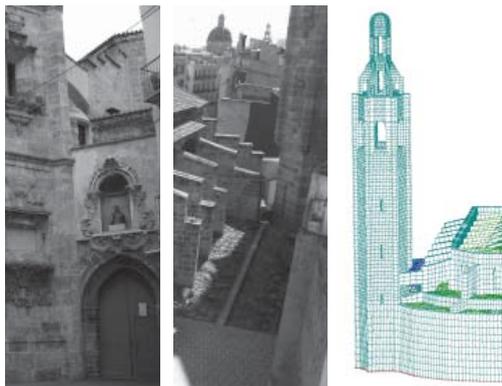
Central: Imagen aérea sobre las capillas de la Epístola.

Derecha: Modelo 2 de cálculo.

Elaboración

Izquierda y derecha, de la autora. 2015.

Central, José Ignacio Casar. 2006.



En este modelo de cálculo se consideran de piedra los muros, arcos fajones, arcos formeros, nervios de las bóvedas y también las bóvedas de crucería. Mientras que los tabiquillos que reciben la cubierta plana de las naves y capillas laterales y la del ábside son los únicos elementos de ladrillo.

Para realizar el modelo estructural ha sido imprescindible el entendimiento global del edificio y para ello se ha recurrido no solo a la información aportada por un gran número de visitas al edificio, sino también a la facilitada por el escáner láser y el levantamiento de planos y además ha sido fundamental la ayuda de fotografías tanto aéreas como de detalle, como puede observarse en las imágenes 6.87 y 6.88, en las que se reproduce la unión del campanario con la iglesia a la altura del nivel superior de los contrafuertes.

Se realiza un análisis estático lineal, un análisis modal espectral, un cálculo estático no lineal solo para cargas gravitatorias y, finalmente, un análisis no lineal dinámico en el tiempo. Este último tipo de análisis es el que mejor reproduce el comportamiento real de la estructura, sin embargo, requiere un tiempo de cálculo muy elevado. Concretamente este modelo ha necesitado 52 horas y 17 minutos considerando un sismo con un periodo de retorno de 475 años. Esto demuestra el nivel de complejidad al que responde el modelo estructural realizado.

A continuación se muestran una imágenes del modelo de cálculo desde distintos puntos de vista, donde se aprecia la reproducción en él de los elementos constructivos y estructurales descritos anteriormente. Cabe destacar la minuciosidad con la que se ha realizado el campanario para estudiar su comportamiento dentro del conjunto de la iglesia.

Imagen 6.90_

Modelo 2, planta del modelo de cálculo.

Nodos_ 94616

Sólidos_ 120448

Tetraedros_ 87799

Hexaedros_ 32649

Láminas_ 16069

Nº de ecuaciones_ 323811

Elaboración_

De la autora. 2015.

Imágenes 6.91 y 6.92_

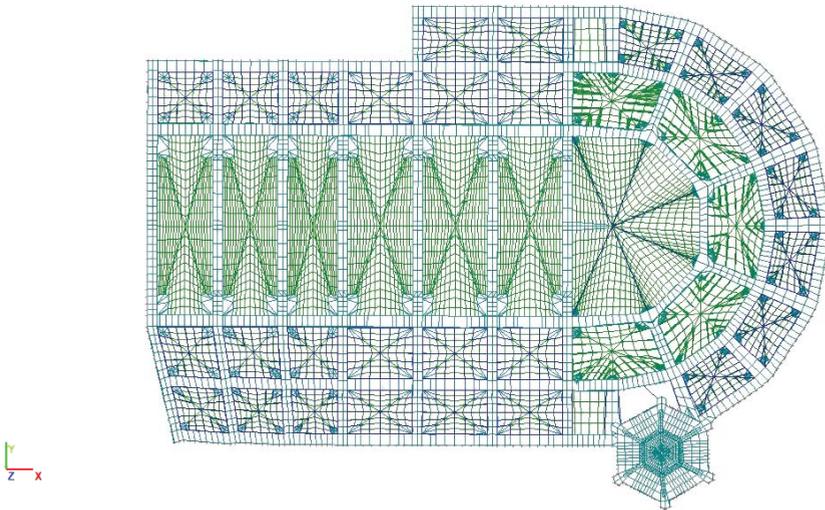
Izquierda: Modelo 2, vista desde la cabecera.

Derecha: Imagen de la cabecera de la iglesia tomada durante las obras llevadas a cabo por Casar, aprovechando el derribo de una de las viviendas anexas.

Elaboración_

Izqda: de la autora, 2015.

Dcha: Santiago Tormo, 2005.



Imágenes 6.93 y 6.94_

Dos perspectivas que muestran la complejidad del modelo estructural del edificio completo.

Elaboración_

De la autora, 2015.

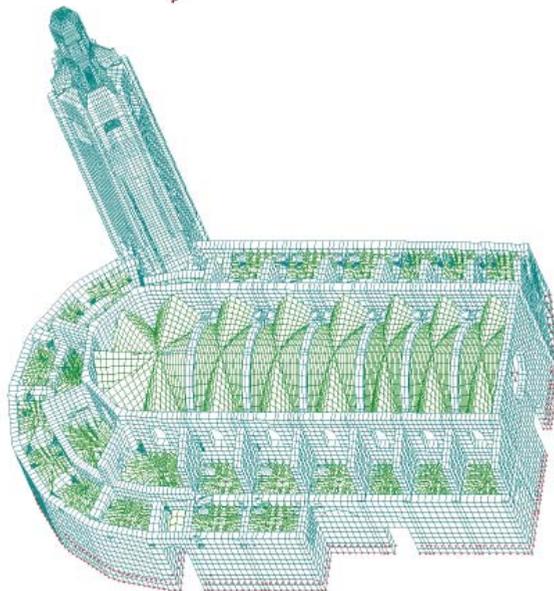
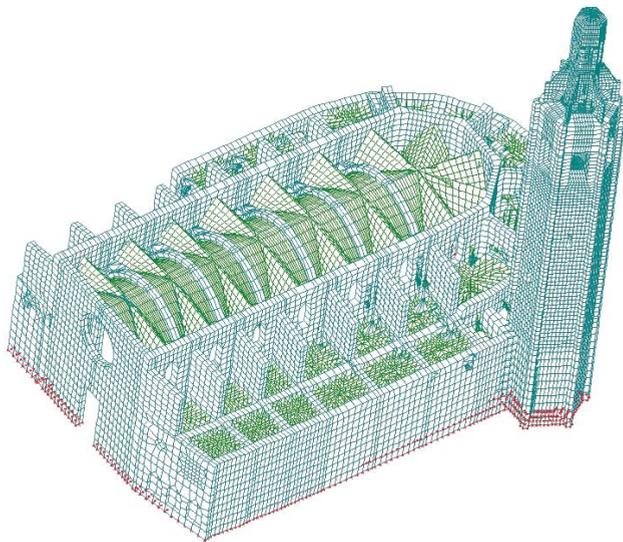
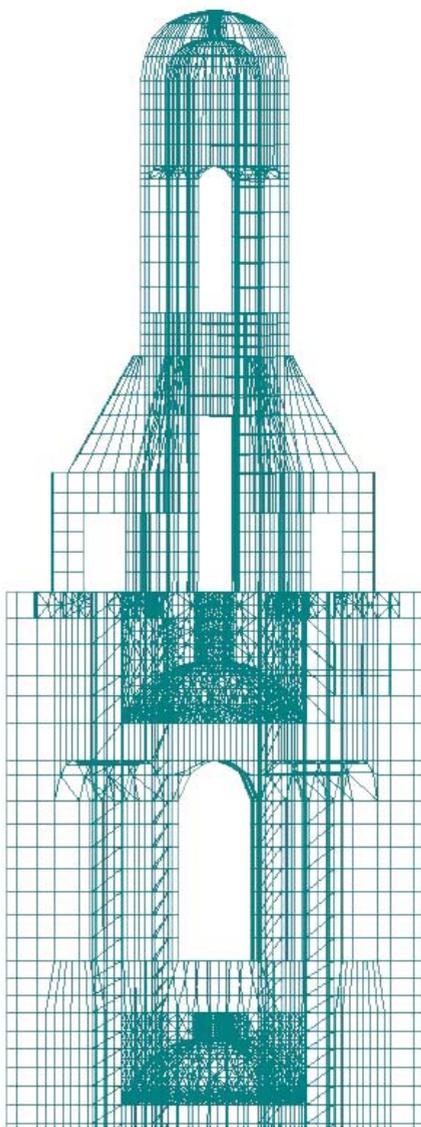


Imagen 6.95_

Detalle del alzado de la sala de campanas y remate superior del campanario. Cabe destacar el nivel de precisión con el que se ha generado el modelo de cálculo.

Elaboración_

De la autora, 2015.

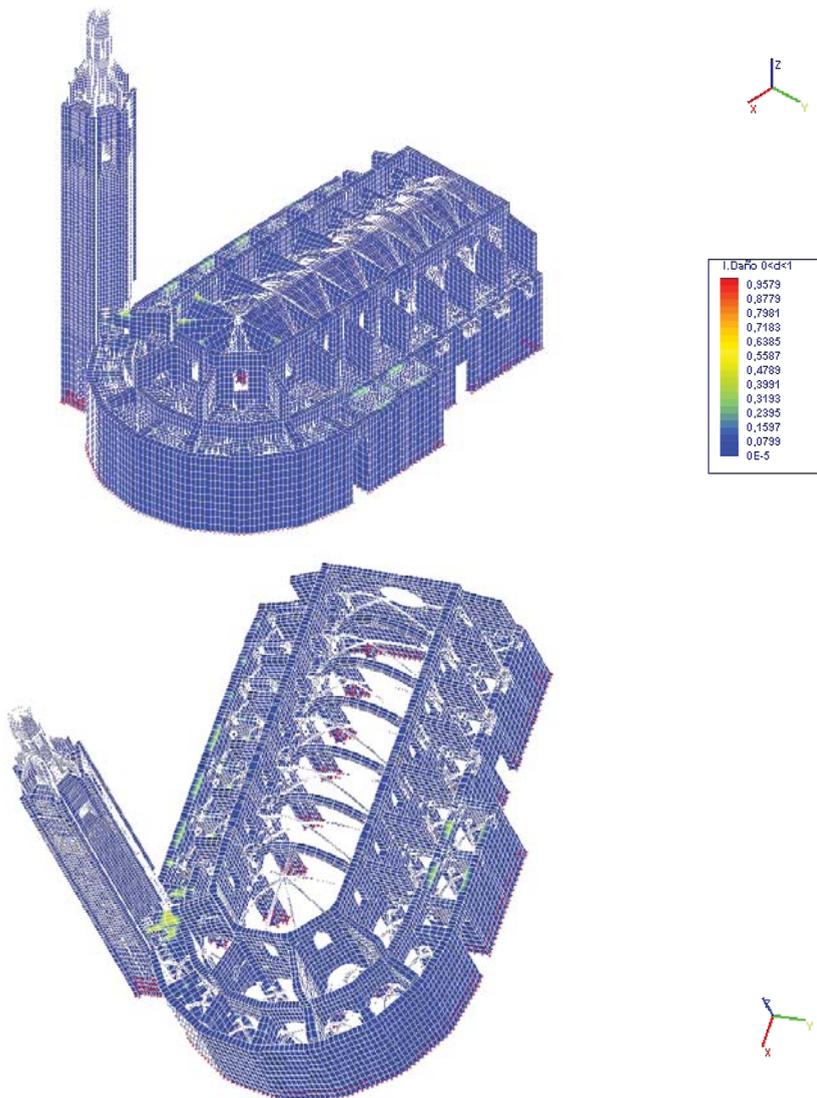


Imágenes 6.96 y 6.97_

Índice de daño en el modelo 2, conjunto de la Iglesia, para cargas gravitatorias.

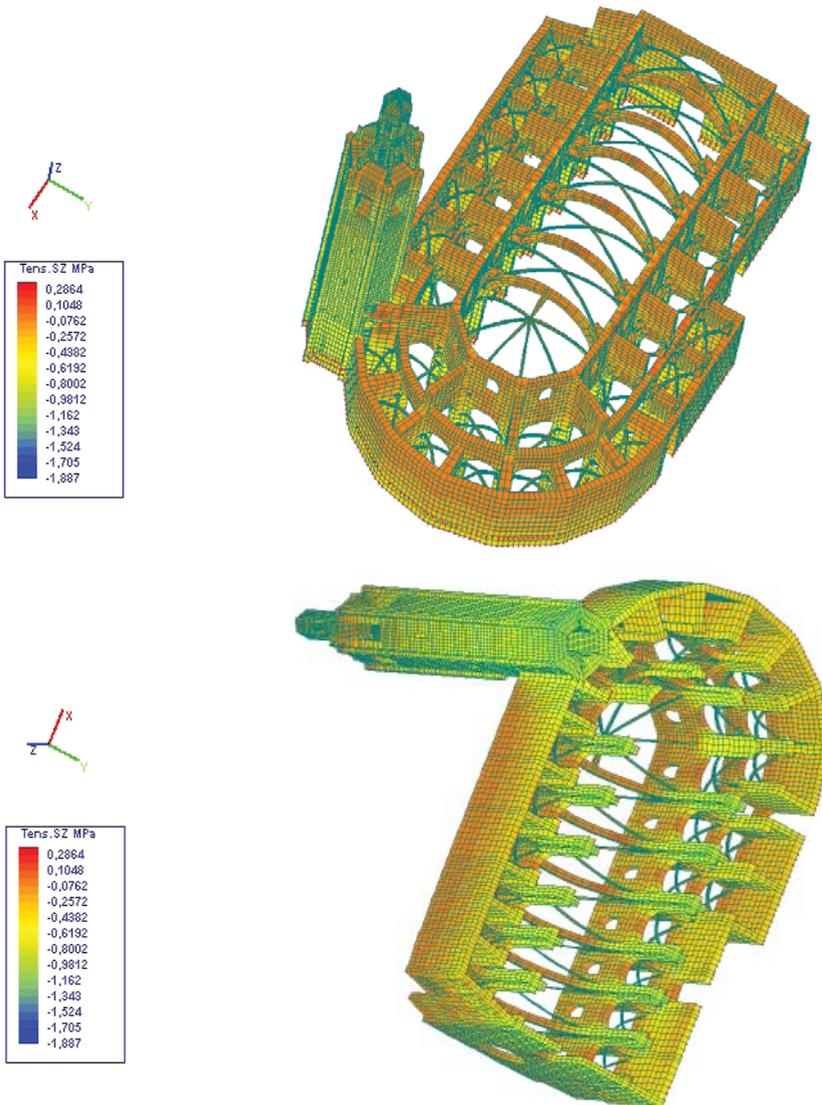
El daño se concentra principalmente en la unión del campanario con la cabecera y en la zona superior de los muros que cierran las capillas laterales.

Los valores son inferiores a 1, valor de rotura.



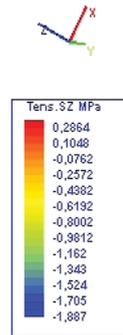
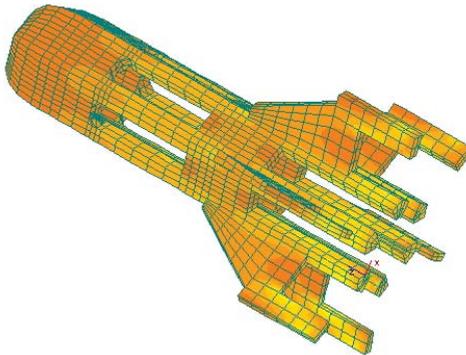
Imágenes 6.98 y 6.99_

Tensiones en Z en el conjunto de la iglesia para cargas gravitatorias. Los valores máximos obtenidos en la base de la torre y en la base de las pilastras centrales alcanzan valores menores de 2 MPa, muy inferiores a la resistencia a compresión de la sillería considerada en el cálculo de 9 MPa.

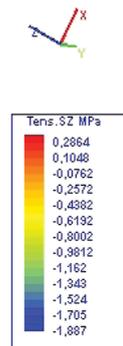
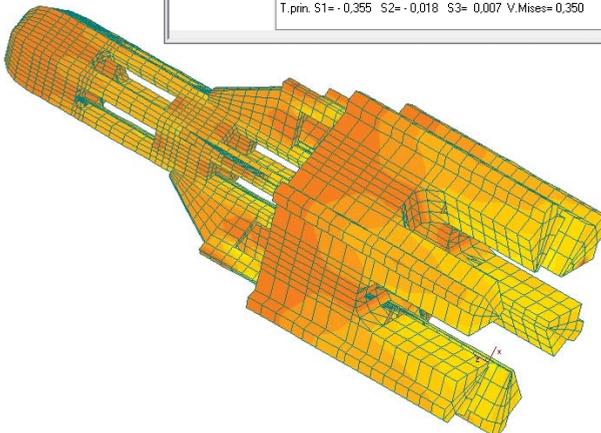


Imágenes 6.100 y 6.101_
 Representación de los isovalores correspondientes a las tensiones en Z en la base del remate de la torre así como en la base de los huecos de la sala de campanas. Los valores alcanzados son de 0'156 MPa y 0'327 MPa, respectivamente. Esto nos da una idea de la ligereza con la que se ha construido la parte más elevada del campanario.

Tensiones globales de Nudo 88320							
NUDO	88320	Coord.X:355.917 Y:-75.735 Z:38.140 mt.					
	6	11					
[MPa]	Sx	Sy	Sz	Txy	Txz	Tyz	
Tensión	-0,078	-0,084	-0,156	0,010	0,044	-0,028	
T.prin.	S1= - 0,185	S2= - 0,075	S3= - 0,058	V.Mises= 0,119			



Tensiones globales de Nudo 82091							
NUDO	82091	Coord.X:355.327 Y:-76.010 Z:30.980 mt.					
	6	11					
[MPa]	Sx	Sy	Sz	Txy	Txz	Tyz	
Tensión	-0,028	-0,011	-0,327	-0,002	0,087	-0,040	
T.prin.	S1= - 0,355	S2= - 0,018	S3= 0,007	V.Mises= 0,350			

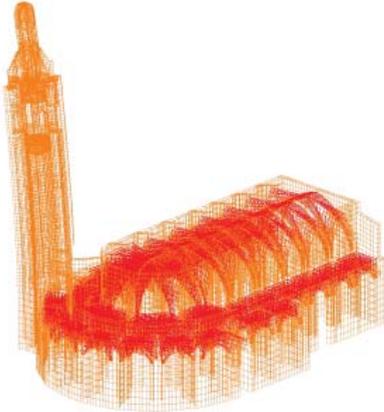


**Imágenes 6.102, 6.103,
6.104 y 6.105_**

Modelo 2, se han considera-
do un total de 15 modos de
vibración. Se muestran las
deformaciones correspon-
dientes a los modos 1, 3, 4
y 8.

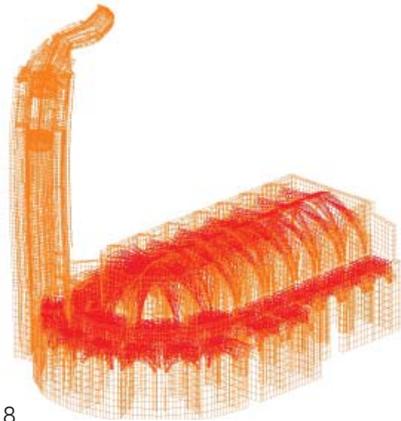
Modo 1_

Frecuencia angular (ω) = 9,95512668205037
Frecuencia (cps) = 1,584408
Periodo (seg) = 0,6311507



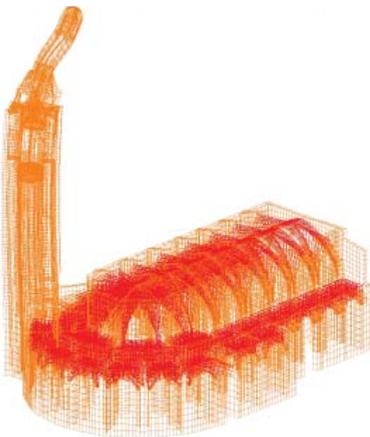
Modo 3_

Frecuencia angular (ω) = 33,6332361332251
Frecuencia (cps) = 5,352896
Periodo (seg) = 0,1868148



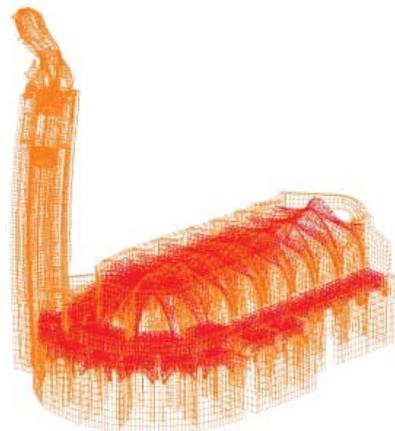
Modo 4_

Frecuencia angular (ω) = 34,5653247204185
Frecuencia (cps) = 5,501242
Periodo (seg) = 0,1817771



Modo 8_

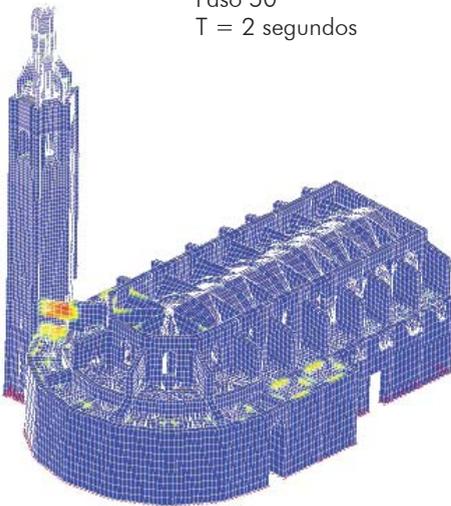
Frecuencia angular (ω) = 48,4620883129787
Frecuencia (cps) = 7,712981
Periodo (seg) = 0,1296516



**Imágenes 6.106, 6.107,
6.108 y 6.109_**

Índice de daño en el conjunto de la iglesia para acciones sísmicas. Se muestra el alcance del daño en los segundos 2, 3, 6 y 12 para un terremoto con un tiempo de retorno de 475 años.

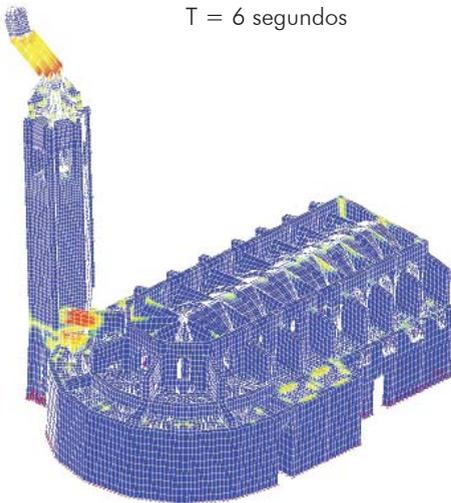
Paso 50
T = 2 segundos



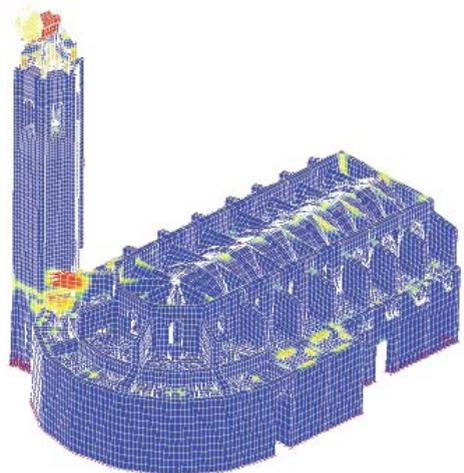
Paso 75
T = 3 segundos

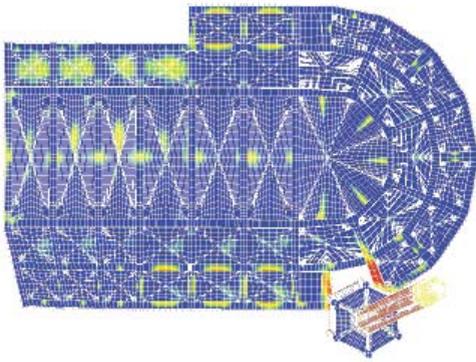


Paso 150
T = 6 segundos

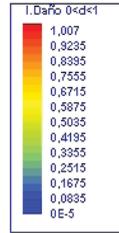


Paso 300
T = 12 segundos



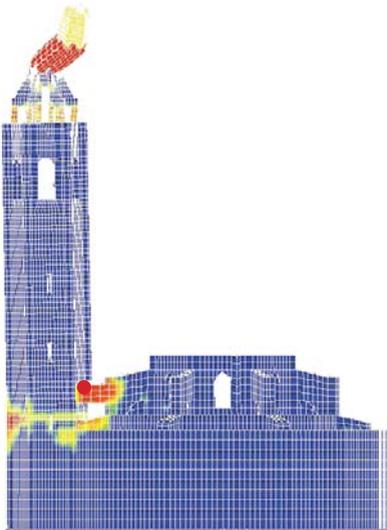


Sismo con periodo de retorno de 475 años



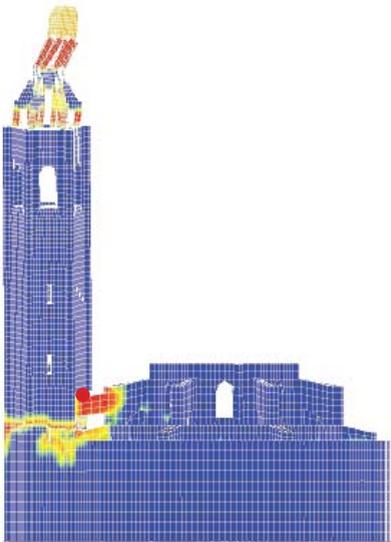
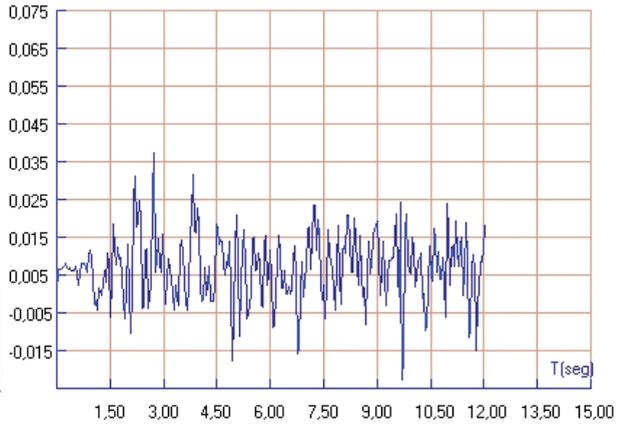
Imágenes 6.110, 6.111 y 6.112_

Índice de daño en el conjunto de la iglesia para acciones sísmicas. Se muestra el alcance del daño en el segundo 12 para un terremoto con un tiempo de retorno de 475 y 950 años. La imagen inferior derecha muestra la deformación máxima en Y en la unión del campanario con el contrafuerte de la iglesia.



Sismo con periodo de retorno de 475 años

Nudo 61277 Deform max=0,037 cmt. en 2,7 seg. Deform min=-0,023 cmt.en 9,7 seg



Sismo con periodo de retorno de 950 años

Nudo 61277 Deform max=0,054 cmt. en 2,7 seg. Deform min=-0,028 cmt.en 4,9 seg

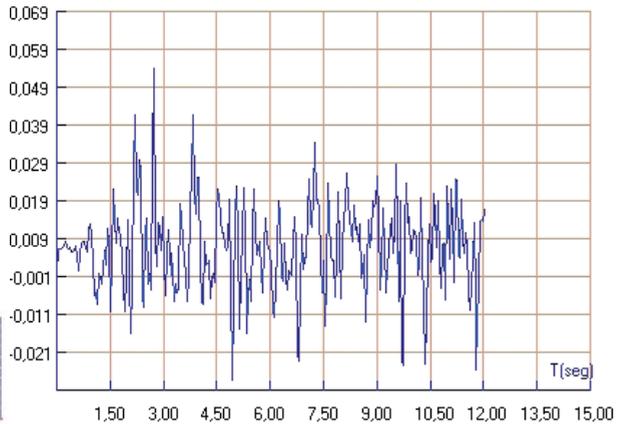
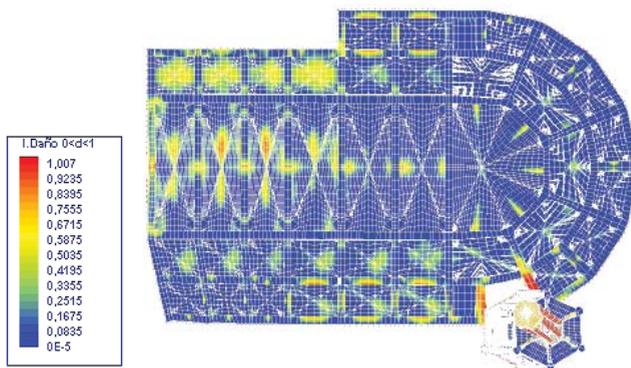


Imagen 6.113_

Índice de daño en el conjunto de la iglesia para acciones sísmicas. Se muestra el alcance del daño en el segundo 12 para un terremoto con un tiempo de retorno de 950 años.



En este apartado se ha estudiado la respuesta del conjunto de la iglesia frente a un sismo con tiempo de retorno de 475 años, equivalente a una intensidad MSK de VI. Los modos de vibración nos indican dos tipos de respuesta frente al sismo en la iglesia. Por un lado el conjunto formado por las naves central y laterales, las capillas laterales y el ábside, que responden al sistema constructivo propio del gótico mediterráneo y, por tanto, su comportamiento es el adecuado frente a la acción de terremotos. Por otro lado, el campanario, elemento muy esbelto propio de la época barroca. Es el elemento más débil del conjunto de la iglesia y en el que se alcanzará la rotura.

Los resultados muestran que el colapso se produce en el encuentro del campanario con los contrafuertes de la iglesia. El daño inicialmente localizado en ese encuentro va avanzando por toda la sección horizontal del campanario hasta alcanzar el colapso debido al efecto cizalladura en el fuste de la torre. También se producirá daño en el elemento superior de remate de la torre, tal y como muestran las imágenes 6.106 a 6.109. Por lo tanto, la reinterpretación que se hace en el cuerpo de remate de los arbotantes góticos no llega a tener función resistente frente a esfuerzos horizontales de sismo.

Comparando los terremotos de mayor intensidad ocurridos en Valencia, uno el 18 de diciembre de 1396 con epicentro en Tavernes de la Vallidigna y otro el 23 de marzo de 1748 con epicentro en Enguera, con la evolución constructiva de la Iglesia de Santa Catalina, cabe recordar que el cuerpo principal de la iglesia se termina de construir en 1371, justo antes del primer sismo, y que la construcción del nuevo campanario finaliza en 1705, justo antes del segundo sismo. El grado de intensidad de los terremotos históricos previos a la existencia de registros sísmicos se asignaba en función de los daños producidos. Documentalmente no hay constancia de intervenciones en la torre campanario tras el terremoto de 1748, por lo que se deduce que si no hubieron daños el sismo llegó a Valencia con una intensidad inferior a VI.



Imagen 6.115_
Modelo 3, alzado del modelo de cálculo.

Nodos_ 33998
Sólidos_ 50384
 Tetraedros_ 32180
 Hexaedros_ 18204
Láminas_ 0
Nº de ecuaciones_ 101223

Elaboración_
De la autora. 2015.

6.10 MODELO 3_ CAMPANARIO EXENTO (SITUACIÓN FICTICIA)

En el modelo 2 el colapso se produce por la unión del campanario con el resto del edificio. ¿Qué hubiera ocurrido si se hubiera aprobado la propuesta de 1929 presentada por Goerlich consistente en demoler la iglesia y dejar la torre exenta? ¿Cómo respondería ante un sismo el campanario si se encontrara aislado?

Para responder a estas preguntas, realizadas ya en los objetivos de este trabajo de investigación, se ha realizado el modelo 3. Este modelo elimina el resto de la iglesia y deja totalmente exenta la torre, sin la colocación de apoyos laterales que sustituyan el efecto del edificio en el campanario.

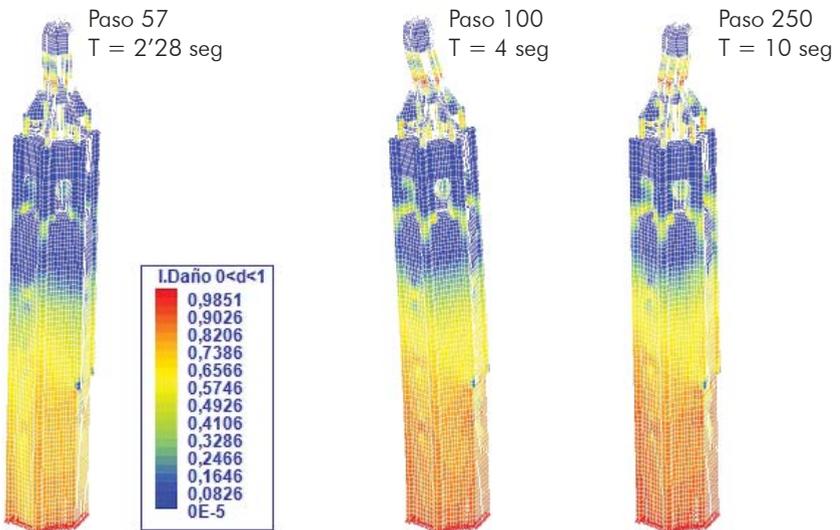
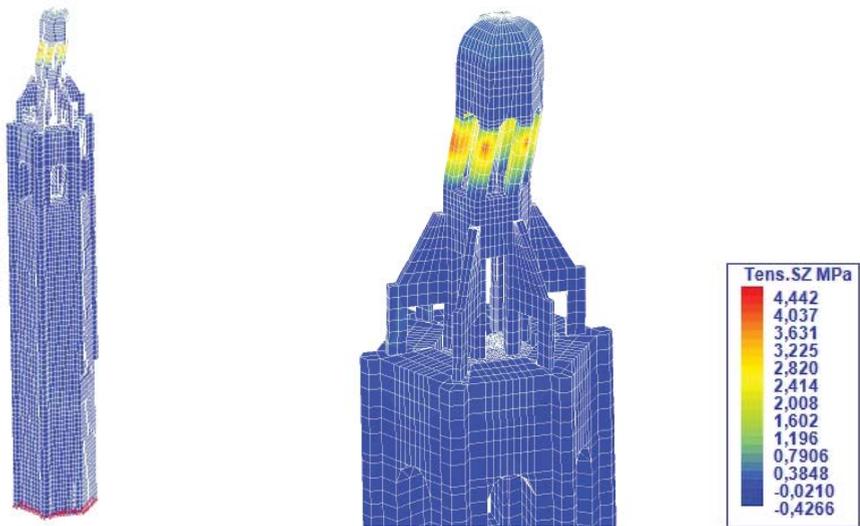
Se efectúan una serie de análisis: estático lineal, modal espectral, estático no lineal (pushover) y, finalmente, un cálculo no lineal dinámico en el tiempo. Este último cálculo es el que mejor reproduce el comportamiento real de la estructura. El tiempo computacional de éste es de 18 horas y 40 minutos.

En la imagen 6.116 se representan los isovalores correspondientes a las tensiones en dirección Z producidas por cargas sísmicas. En las columnas que sujetan el cupulín se produce una concentración de tensiones que alcanza valores de 4'44 MPa, valores muy superiores a la resistencia a tracción considerada en la sillería de 0'20 MPa, por lo que se producirá la rotura en esa zona.

La imagen 6.117 muestra el índice de daño producido por cargas sísmicas. Se observa que el daño es inferior a 1 hasta el paso 57 (2'28 segundos) y se concentra en las columnas que soportan el cupulín, en la base de los estribos diagonales perforados del cuerpo superior y en los huecos de la sala de campanas.

Imágenes 6.116 y 6.117_

En la imagen superior se muestran las tensiones en Z debidas a cargas sísmicas. Los valores máximos se alcanzan en el cuerpo superior del remate. La imagen inferior muestra el índice de daño producido por el sismo, en el paso 57 (izquierda) aún es inferior a 1. El mecanismo de colapso se produce en el remate del campanario.





Imágenes 6.118, 6.119 y 6.120_

En la figura de la izquierda se muestra el nudo de control. La primera gráfica indica el performance point obtenido por análisis pushover con un sismo introducido en X, y la curva de capacidad y la de demanda. La gráfica inferior muestra el movimiento en X del mismo nudo tras el análisis dinámico en el tiempo.

264

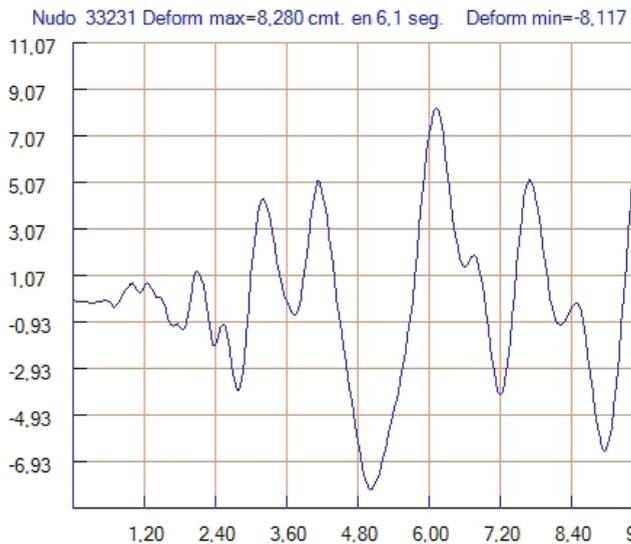
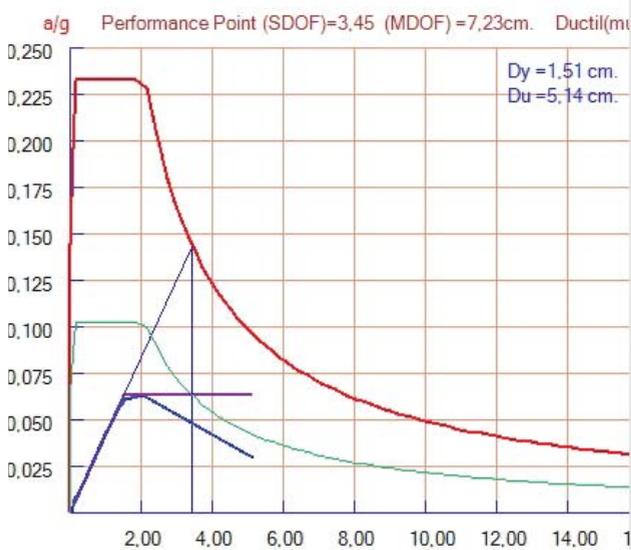
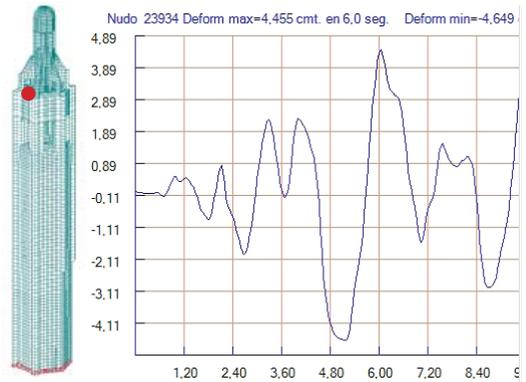


Imagen 6.121_

Desplazamiento en X del nudo de control situado en la terraza superior de la sala de campanas. Este desplazamiento se obtiene como resultado de un análisis no lineal dinámico en el tiempo, cálculo que reproduce más fielmente a la realidad los movimientos de la estructura.



Al modelo 3 consistente en la torre exenta se le realizan dos cálculos no lineales. Uno estático (pushover), con el sismo introducido en dirección X con un periodo de retorno de 450 años, y otro dinámico en el tiempo con el mismo periodo de retorno para el sismo. El nudo de control en ambos cálculos es el más elevado situado en el cupulín, tal y como se grafía en la imagen 6.118.

Según la curva de capacidad-demanda de la imagen 6.119, el punto de desempeño se alcanza con 3'45 cm, es decir, éste sería el máximo desplazamiento sufrido por ese nudo al aplicar las fuerzas de sismo en la dirección X. Analizando la intersección de las dos curvas, se concluye que se producirían daños severos en esta zona (según la tabla de umbral de daño).

En cambio, observando la gráfica de la figura 6.120, el máximo desplazamiento en X obtenido en el mismo nudo de control tras efectuar un cálculo no lineal dinámico en el tiempo es de 8'38 cm a los 6'1 segundos. Este tipo de análisis reproduce mejor el comportamiento real de la estructura.

Dado que el cupulín es el elemento más débil del campanario y el que antes alcanzará la rotura, estudiamos el desplazamiento en X de un punto situado en la terraza superior del cuerpo de campanas ya que nos dará un valor de movimiento más real al moverse conjuntamente con el resto del fuste de la torre. La gráfica de la imagen 6.121 muestra que el máximo desplazamiento en X en ese punto será de 4'45 cm a los 6'0 segundos.

Como conclusión de los resultados obtenidos en este último modelo estructural, afirmamos que el mecanismo de colapso es totalmente diferente del que se producía en el modelo 2. La estructura es más flexible que el modelo anterior, en el que el volumen de la iglesia restringía los movimientos del campanario, y admitiría un desplazamiento mayor antes de alcanzar la rotura.

7. CONCLUSIONES

1. La Iglesia original de Santa Catalina se construyó con cubierta plana y enjutas en sus arcos fajones_

El análisis histórico y constructivo realizado de las iglesias medievales intramuros de la ciudad de Valencia y, más exhaustivamente, el efectuado sobre la Iglesia de Santa Catalina nos desvela que la pérdida del archivo documental de este templo nos deja con la incertidumbre de conocer cuál fue exactamente su evolución constructiva. Esta tesis doctoral recoge la información publicada relativa no sólo a este edificio sino también la de otros próximos a él de similares características que nos han podido aportar hipótesis de cómo ha sido su transformación a lo largo de la historia.

La información recopilada nos revela el cambio de una cubierta plana original en una cubierta inclinada posterior. El hallazgo de una gárgola embebida en el muro de la Calle Tapineria indica el nivel de la cubierta aterrazada primitiva.

El estudio de material fotográfico inédito aportado por Casar parece indicar la existencia previa de enjutas sobre los arcos fajones, hoy en día desaparecidas. Por lo que la estructura de este edificio responde a muros diafragmáticos que aportan continuidad a los contrafuertes y arriostran transversalmente los muros longitudinales sobre los arcos formeros. Este estilo responde al gótico mediterráneo, concebido para dar una respuesta eficaz ante esfuerzos horizontales provocados por el sismo.

2. Los muros que forman la iglesia, tienen unos espesores comprendidos entre 0,70 m y 1,17 m, presentan unos desplomes de hasta 0,40 m y las claves de sus bóvedas sufren unos desniveles máximos de 0,70 m. El contrafuerte de la Epístola en la fachada de Lope de Vega está construido con un giro de 12° y el de la crujía contigua de 9° respecto al eje longitudinal de la iglesia_

El escaneado láser llevado a cabo en la Iglesia de Santa Catalina nos aporta una información precisa respecto a la geometría actual del edificio. Ha permitido cuantificar

los desplomes de los muros, con valores comprendidos, para la sexta crujía desde los pies, entre 19 cm, medido en el muro de la capilla del lado del Evangelio, y 40 cm, en el muro de la capilla del lado de la Epístola. El cerramiento de fachada a Lope de Vega tiene un desplome en la sección por la nave lateral del Evangelio de 39 cm. Las claves de las bóvedas en la nave lateral de la Epístola tienen desniveles que llegan a los 70 cm, esto indica su crecimiento por fases según iban adquiriendo las propiedades anexas a la iglesia. La torre campanario presenta una desviación de la cara exterior del cerramiento desde el arranque hasta la sala de campanas de 62 cm. Teniendo en cuenta la diferencia de espesores del muro en estos dos niveles de 86 cm, podemos afirmar que sufre un desplome su cara exterior de 24 cm.

En el levantamiento realizado de la planta de la iglesia se ha podido incorporar el giro exacto que sufren los dos contrafuertes del lado de la Epístola en los pies del templo, siendo el giro del contrafuerte en la fachada de 12° y el del siguiente contrafuerte de 9° . Estas deformaciones se han incluido en los modelos de cálculo realizados.

Esta técnica también ha permitido grafiar con precisión el espesor de los muros. Esta dimensión varía según se trate del cerramiento de fachada de Lope de Vega de 1,17 m o bien los contrafuertes que tienen un espesor comprendido entre 0,70 y 1 m. El muro de la torre campanario en su arranque tiene un espesor de 1,93 m mientras que en el último tramo de la escalera de caracol el valor es de 1,07 m y en la sala de campanas de 0,65 m. Esta cuantificación es posible al escaneado interior y exterior realizado tanto en las naves como en el campanario.

Además se ha situado la posición exacta de la escalera de caracol existente en la torre que da acceso a la cubierta de la girola, esta escalera estaba grafuada en los planos de Gay y Casar, sin embargo la técnica del escáner láser indica su ubicación precisa respecto al espesor del muro del campanario.

3. El levantamiento gráfico realizado en 2001 de la iglesia otorgaba al eje longitudinal

una dimensión total de 45,14 m mientras que el escáner láser ha confirmado que esas dimensiones son aproximadas_

El levantamiento realizado en 2001 con objeto de la intervención realizada por Casar fue realizado de una manera muy precisa, tal y como nos confirma los resultados obtenidos con el escáner láser 3D.

4. La Iglesia de Santa Catalina responde al estilo del Gótico Mediterráneo, caracterizado por la existencia de diafragmas sobre los arcos fajones dando continuidad a los contrafuertes de ambos lados, esto justifica la ausencia de arbotantes en la nave central_

La concepción de la iglesia mediante un entramado murario que rigidiza el edificio en las dos direcciones justifica la ausencia de arbotantes que tanto llamaba la atención a algunos historiadores; arbotantes que son propios del gótico centroeuropeo. Los maestros medievales tenían muy presentes los sismos acontecidos en la época en la zona y aplicaron su lógica constructiva al estilo conocido como gótico mediterráneo, mejorando la respuesta de éstos a los terremotos que pudieran darse. Este entramado murario perforado para generar los pasos de la nave central y laterales transmite perfectamente las cargas gravitatorias y además responde satisfactoriamente a los esfuerzos horizontales provocados por el sismo.

5. Los modelos estructurales efectuados confirman la pérdida de rigidez con la ausencia de los diafragmas_

El modelo 1.1 formado por dos crujías, diafragmas, bóvedas de piedra y cubierta plana, presenta movimientos mayores que los producidos en el modelo 1.2 en el que se eliminan los diafragmas y se mantienen iguales el resto de elementos constructivos. El punto de desempeño pasa de 0,30 cm (modelo 1.1) a 0,32 cm (modelo 1.2). Es una lástima que en las intervenciones realizadas se haya perdido la memoria histórica y no se haya aplicado la lógica constructiva con la que se realizaron.

6. El modelo de cálculo que considera la apertura de huecos en los contrafuertes para el paso de las naves laterales concluye que no provocan una pérdida de resistencia y rigidez significativa en el conjunto del edificio_

Unos investigadores plantean la posibilidad de que la iglesia fuera originariamente de una sola nave y la perforación de los contrafuertes diera lugar a las naves laterales, generando graves problemas estructurales. Sin embargo otros defienden la tesis de que la iglesia se construyó desde el principio con tres naves. Los modelos de cálculo realizados revelan que en la base de los contrafuertes se alcanzan valores de tensión verticales cercanos a 2 MPa. Gay en su intervención comprobó la ausencia de cimentación en algunas zonas y se vio obligado a recalzar algunos muros ya que o bien no tenían cimentación o bien ésta era insuficiente.

7. La cubierta plana contribuía en gran medida al arriostamiento horizontal de la iglesia. Con la cubierta plana el edificio sufría daños leves mientras que con la cubierta inclinada la estructura pasa a sufrir daños moderados al 27,75%.

Los modelos de cálculo realizados contemplan la evolución constructiva que con seguridad ha sufrido la iglesia: no sólo la existencia de diafragmas y cubierta plana sino también la supresión de los diafragmas y el cambio a cubierta inclinada. Los resultados obtenidos indican que cada cambio que ha sufrido el edificio ha tenido una influencia directa en su rigidez global, ya que cada intervención ha contribuido a una pérdida de arriostamiento frente a esfuerzos horizontales.

No obstante, la propia geometría del templo le aporta un alto grado de rigidez con capillas entre contrafuertes a ambos lados de las naves laterales (a excepción de las cuatro primeras crujías desde los pies que carecen de capillas en el lado del Evangelio). En uno de los modelos se eliminan las capillas para estudiar la influencia que éstas generan sobre el conjunto de la estructura. De este modo se comprueba como aumenta considerablemente el nivel de daño sobre el edificio.

8. El cálculo no lineal dinámico en el tiempo confirma que el campanario es el elemento más vulnerable del conjunto. Los daños se concentran en la unión de la torre con el resto de la iglesia, produciéndose un efecto de cizalladura en la sección transversal del campanario a esa cota_

Los análisis no lineales dinámicos en el tiempo se han realizado para sismos con periodos de retorno de 475 y 950 años. En ambos la respuesta de la estructura revela dos comportamientos diferenciados en el edificio: por un lado el conjunto formado por las naves, las capillas y la girola y, por otro, el campanario. Este último es el elemento más delicado del conjunto y el que acumula la mayoría de los daños. Se trata de un elemento esbelto, barroco, con proporciones que indican claramente una concepción estructural bien diferente del resto. La otra parte del conjunto fue concebida para resistir esfuerzos horizontales y tiene una buena respuesta a ambos sismos. Se obtiene el mismo mecanismo de rotura en los dos sismos estudiados. El colapso se produce en la unión de la torre con la girola, con un efecto de cizalladura en el fuste del campanario, acumulando una gran cantidad de daño también en el remate superior de éste.

9. Analizando los resultados obtenidos y comparándolos con los efectos del terremoto de 1748, se concluye que éste debió llegar a la ciudad de Valencia con una intensidad inferior a VI (MSK)_

Comparando la evolución constructiva del edificio con los datos obtenidos en el cálculo estructural, cabe recordar los dos terremotos de mayor intensidad acontecidos en Valencia. Uno fue en 1396, 25 años después de terminarse la construcción del cuerpo principal de la iglesia, y tuvo su epicentro en Tavernes de la Vall d'igna. El otro ocurrió en 1748 con epicentro en Enguera 45 años después de finalizarse la construcción del campanario. Dado que no hay constancia documental de intervenciones en la torre tras el sismo de 1748, cabe deducir que éste llegó a Valencia con una intensidad inferior a VI (MSK).

10. Los modelos numéricos realizados nos permiten concluir que Gay estaba equivocado al afirmar que las bóvedas de piedra transmitían una carga excesiva a las pilastras y que ésto, sumado al giro de los contrafuertes en la Epístola, justificaban el estado de ruina en el que se encontraba el edificio_

Gay justificaba la situación de ruina del edificio tras la guerra civil, en parte, causada por las bóvedas de piedra que le transmitían demasiado peso a las pilastras centrales y éstas no estaban dimensionadas para soportarlo. En su intervención sustituye las bóvedas de piedra por bóvedas de ladrillo apoyándose en este motivo carente de cálculos numéricos. Con el modelo 1.3 (sin diafragmas, bóvedas de piedra y cubierta inclinada) se han obtenido tensiones máximas verticales en la base de las pilastras centrales de 1,01 MPa y con el modelo 1.4 (sin diafragmas, bóvedas de ladrillo y cubierta inclinada) las tensiones máximas en las mismas zonas han sido de 0,91 MPa, ambos valores muy inferiores a la resistencia a compresión de la sillería, considerada de 9 MPa, por lo que quedaría comprobado que el hecho de que las bóvedas fueran de piedra no contribuía al estado de ruina del edificio.

En cuanto a los giros en los contrafuertes, la gráfica de isovalores de tensiones verticales del modelo 2 consistente en el conjunto de la iglesia y campanario en su estado actual también muestra valores bastante alejados al valor de resistencia límite de la piedra. Por lo que esta irregularidad en la geometría tampoco agravó el estado de ruina que presentaba el edificio.

11. El análisis límite realizado sobre una pilastra de la nave central y los elementos constructivos que recaen sobre ella nos permite concluir que no era cierto el razonamiento de Gay acerca de que las desviaciones de los contrafuertes y las deformaciones y desplomes de los muros y arcos justificaban el estado de ruina en el que se encontraba el edificio.

Con el análisis límite realizado sobre un modelo 3D que reproduce la geometría actual de los elementos constructivos sobre una pilastra de la nave central se alcanza una reacción total de 111 T en su base, muy cercano a las 113 T que obtuvo Gay, y se encuentra

centrada en la base de la pilastra. La tensión alcanzada en la base de la pilastra a través de la estática gráfica es de 0,98 MPa, muy parecida a los 0,91 MPa del modelo 1.4 (estado actual) obtenidos mediante elementos finitos.

12. El comportamiento frente a sismo de la torre aislada es totalmente distinto al de su situación actual. El mecanismo de colapso es distinto, produciéndose la rotura en el remate superior_

Se ha analizado el caso teórico de tener el campanario exento. Este caso se hubiera dado si se hubiera aprobado las reformas interiores que planteaba el plan urbanístico de 1929 con la prolongación de la Calle de la Paz hasta el Mercado Central demoliendo la iglesia y manteniendo el campanario aislado. La estructura sería más flexible y alcanzaría desplazamientos mayores antes de la rotura. No se produciría la cizalladura que sufría en el caso de estar en contacto con la girola.

PREGUNTAS FINALES_

Conociendo el comportamiento del campanario tanto exento como formando parte del conjunto de la iglesia, ¿debería intervenir de manera preventiva para garantizar la preservación de este elemento singular del barroco valenciano?

De igual modo, ¿sería recomendable recuperar las enjutas que se diseñaron aplicando la lógica constructiva sísmica?

¿Hasta qué nivel habría que intervenir, en caso de hacerlo, para recuperar sus características arquitectónicas originales?

8. INVESTIGACIONES FUTURAS

Esta tesis doctoral se inició realizando un análisis de las iglesias medievales intramuros de la ciudad. Durante este estudio, los campanarios se revelaron como un elemento singular que caracteriza cada una de ellas. El volumen tan esbelto de estas torres las hacen especialmente interesantes para ser estudiadas frente a esfuerzos horizontales. El análisis del comportamiento frente a sismo ha sido objeto de esta investigación particularizada en la Iglesia de Santa Catalina, en la que se ha realizado un cálculo numérico completo.

Línea en desarrollo_

Una línea de investigación muy interesante que se inicia con esta tesis doctoral consiste en analizar la respuesta a sismo de los diferentes campanarios estudiados en el capítulo de introducción de esta investigación. La intención es encontrar parámetros que ayuden a clasificarlos de mejor a peor comportamiento a sismo, de modo similar al que la profesora Cassinello planteó en su clasificación de las iglesias. Estas variables podrían ser la esbeltez de la torre, la geometría de su sección transversal, el grosor de sus muros, el porcentaje del fuste que está en contacto con el resto de la iglesia, el cambio de material a lo largo de su fuste (recrecidos de ladrillo que muestran distintas fases constructivas), la calidad de su fábrica, el porcentaje de macizado que tiene el fuste, la calidad de la fábrica... Los campanarios, por su configuración geométrica, son piezas especialmente interesantes para analizar su estabilidad estructural frente a sismos.

Líneas futuras_

1. Una línea de investigación futura consiste en el levantamiento geométrico del estado actual del conjunto de la iglesia teniendo en cuenta las deformaciones obtenidas con el escáner láser. En esta tesis doctoral se han elaborado los planos necesarios para la realización de los modelos de cálculo, sin embargo este levantamiento puede extenderse hasta llegar al nivel de detalles constructivos, elaborando una documentación muy

valiosa en caso de tener que realizar futuras intervenciones.

Relacionado con este punto, podrán encontrarse relaciones geométricas entre los distintos elementos estructurales dándonos una aproximación a las leyes de proporciones en las que se basó su diseño original.

2. La aplicación de distintas técnicas complementarias podrían contribuir a resolver la incógnita sobre el origen uninave o no del templo:

_Para ello un estudio con georradar indicará si bajo los pasos entre las naves laterales existe cimentación o no, y ello indicará si el muro del contrafuerte se realizó completo y posteriormente se perforó.

_Otro estudio que sin duda resolverá las dudas existentes es una investigación arqueológica. La realización de distintas catas podrá indicar las fases de construcción del templo. Además ubicará la posición exacta del campanario primitivo. Las catas realizadas por Casar a los pies en el lado de la Epístola no fueron concluyentes para afirmar que esa era la localización original.

_Un estudio de estratigrafía muraria en el cerramiento de Lope de Vega también podrá esclarecer la complejidad constructiva que se identifica a priori, estableciendo la relación entre las huellas existentes y su correspondiente fase constructiva.

Un aspecto particular de la torre es estudiar el efecto estructural que introduce sus contrafuertes en esquina (similares a los del Miguelete) y la reinterpretación que se hace en el cuerpo de remate de los arbotantes góticos y su función resistente.

3. Esta tesis se enmarca dentro de una línea de investigación existente y consistente en el estudio estructural a sismo de los edificios patrimoniales del gótico mediterráneo iniciada con la tesis doctoral de la profesora Verónica Llopis sobre la Catedral de Valencia.

En esta línea ya iniciada se propone añadir la comparación del comportamiento estructural de distintos edificios ya estudiados, por ejemplo la Catedral, la Iglesia de San Juan del Hospital (analizada en la tesis doctoral del profesor Luis de Mazarredo) y la Iglesia de Santa Catalina, con el objetivo de obtener variables que puedan ayudar a clasificar su vulnerabilidad frente a sismo. Estos parámetros podrían ser la existencia de capillas laterales, la permanencia o no de enjutas actualmente, el tipo de cubierta existente, la relación entre el ancho de la nave central y el ancho de crujía,... De este modo podría preverse el comportamiento a sismo de una iglesia antes de analizarla numéricamente. Sería posible elaborar unos patrones de comportamiento frente a esfuerzos horizontales y unos índices de vulnerabilidad en distintas ubicaciones dentro del Gótico Mediterráneo.

9. BIBLIOGRAFÍA

AGRAMUNT ROS DE URSINOS, M. *“Templo de Santa Catalina: aproximación histórica”*. Colegio Oficial de Arquitectos de Valencia y Murcia, 1979.

ALDANA FERNÁNDEZ, S. *“Antonio Gilabert. Arquitecto Neoclásico”*, Valencia, Institución Alfonso el Magnánimo, Servicio de Estudios Artísticos, 1955

ALIAGA, I. *“Las Advertencias para los edificios y fábricas de los templos”* del sínodo del Arzobispo de Valencia, 1631

ALMAGRO GORBEA A., ZARAGOZÁ CATALÁN A., SOLER VERDÚ R. and MARÍN SÁNCHEZ, R., *“Construyendo bóvedas tabicadas: actas del Simposio Internacional sobre bóvedas tabicadas”*, Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València, 2012

ALONSO DURÁ, A. *“Un Modelo De Integración del Análisis Estructural en Entornos CAD, para Estructuras de Edificación”*, Universidad Politécnica de Valencia, 2003

ALONSO DURÁ, A. and MARTÍNEZ BOQUERA, A. *“La Comprensión de la Tracción”*, *Construyendo Bóvedas Tabicadas, Actas del Simposio Internacional sobre bóvedas tabicadas*, 2011

ALONSO DURÁ, A., MARTÍNEZ BOQUERA, A. and LLOPIS PULIDO, V. *Analysis and Characterization of Earthen Architecture as a Structural Material: The Corbelled Course Domes in Syria*, 2012

ALONSO DURÁ, A., MARTÍNEZ BOQUERA, A., MORENO PUCHALT, J. and LLOPIS PULIDO, V. *“Analysis and Rehabilitation of San Miguel Arcángel Church in Jalance”*, Green Lines Institute, Valencia, 2012

ALONSO, A., MARTÍNEZ, A., LLOPIS, V. and MORENO, J. *“Construction and Structural Analysis of the Dome of the Cathedral of Valencia”*, *Proceedings of the 8th International Conference on Fracture Mechanics of Concrete and Concrete Structures, FraMCoS 2013*, 2013. pp. 698-704

ALONSO, A. Y PÉREZ GARCÍA, A. *“Manual De Usuario Del Programa CID”*, 2002

- ALVÁREZ, N. y CAMPS, C.** *“La Gloria del Barroco. Campaña de restauración patrimonial”*. Generalitat Valenciana. Fundación La Llum de les Imatges, 2009.
- ANDREU, A., GIL, L. and ROCA, P.** “Limit Analysis of Masonry Constructions by 3D Funicular Modelling”, *Structural Analysis of Historical Constructions*, 2006. pp. 1135-1142
- ANDREU, A., GIL, L. and ROCA, P.** “Computational Analysis of Masonry Structures with a Funicular Model”, *Journal of Engineering Mechanics*, vol. 133, no. 4. pp. 473-480, 2007
- ANDREU, A., GIL, L. and ROCA, P. A** “New Deformable Catenary Element for the Analysis of Cable Net Structures”, *Computers & Structures*, 11, vol. 84, no. 29–30. pp. 1882-1890 ISSN 0045-7949, 2006
- ARREDONDO, F.** “Estudio De Materiales: Las Rocas En La Construcción” I, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1969
- ASTERIS, P.G., et al.** “Seismic Vulnerability Assessment of Historical Masonry Structural Systems”. *Engineering Structures*, 3/15, vol. 62–63, pp. 118-134, 2014
- AVILA, F.B. and MORO, J.M.** “Evolución de los Sistemas de Cubierta sobre la Construcción abovedada en la Arquitectura Religiosa de la Comunidad Valenciana, entre los Siglos XIV y XVIII”, 1996
- BACHMANN, H.** “Vibration problems in structures: Practical guidelines”, Birkhäuser Verlag Basel, Basel, 1995.
- BARBAT, A. H.; and CANET, J. M.** “Estructuras Sometidas a Acciones Sísmicas: Cálculo por Ordenador”, Centro internacional de métodos numéricos en Ingeniería, 1994
- BELLES LÓPEZ, A. and MARTÍNEZ TORTAJADA, J.** “Estudio sobre la Iglesia El Salvador”, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Gestión en la Edificación, 2007.
- BENITO DOMENECH, F.** “Un plano axonométrico de Valencia diseñado por Manceli en 1608”. Revista: *Ars Longa. Cuadernos de Arte*, pp 29-37, 1992.

BENLLOCH POVEDA, A. "Manual de constructores: Advertencias para edificación de templos y utensilios sagrados (1631)", Universidad Politécnica de Valencia: Facultad de Teología de San Vicente Ferrer, 1995.

BÉRCHEZ, G., J. "La Arquitectura Barroca. La Ciudad de Valencia, Geografía y Arte", pp. 324-333, 2009

BÉRCHEZ, J. "Arquitectura Renacentista Valenciana (1500-1570)", pp. 119, 1994

BÉRCHEZ, J. "Valencia. Arquitectura religiosa". Tomo X. Valencia, Generalitat Valenciana, Conselleria de Cultura, Educació i Ciència, 1995.

BERCHÉZ, J. and ZARAGOZÁ, A. "Iglesia Catedral Basílica Metropolitana de Santa María", Valencia, Generalitat Valenciana, Conselleria de Cultura, Educació i Ciencia, 1995

BERCHÉZ, J. "Los Comienzos de la Arquitectura Académica en Valencia, Antonio Gilabert", Valencia, Federico Doménech, 1987

BETTI, M., ORLANDO, M. and VIGNOLI, A. "Static Behaviour of an Italian Medieval Castle: Damage Assessment by Numerical Modelling", *Computers and Structures*, 2011, vol. 89, no. 21-22. pp. 1956-1970 SCOPUS.

BETTI, M. and VIGNOLI, A. "Numerical Assessment of the Static and Seismic Behaviour of the Basilica of Santa Maria all'Impruneta (Italy)", *Construction and Building Materials*, vol. 25, no. 12. pp. 4308-4324, 2011

BLOCK, P. and LACHAUER, L. "Three-Dimensional Funicular Analysis of Masonry Vaults", *Mechanics Research Communications*, vol. 56. pp. 53-60, 2014

BOQUERA MARTINEZ, A. y ALONSO DURÁ, A., "Técnicas de diagnóstico estructural en las estructuras históricas: análisis de la cúpula de San Miguel de los Reyes (Valencia)", *Loggia: Arquitectura y restauración*, nº 14-15, pp 162-171, 2002.

BOQUERA MARTINEZ, A., ALONSO DURÁ, A., MAZARREDO AZNAR, L. and LLOPIS PULIDO, V. "Análisis Estructural de la Cúpula de la Iglesia de Todolella", *ARCHE*, no.4-5, pp

439-446, 2010

BOQUERA, A.M., DURÁ, A.A., VERDU, R.S. and ESTRELA, A.S. "Reinforcement Work Carried Out on the Todolella Parish Church After the Collapse of a Pilaster Supporting the Classical Style Dome", Castellon, Spain. pp. 1269-1275.

BOQUERA, A.M., DURÁ, A.A. and PULIDO, V.L. "Structural Analysis for the Diagnosis of Crackings in the Gothic Masonry Structure of the Vaults of Trinidad Bridge in Valencia", Spain. , 2007

BOSCH REIG, I., HERRÁEZ BOQUERA, J., NAVARRO ESTEVE, P., CORTÉS ALCOBER, M.P., SERRA LLUCH, J., "La función del digitalizador tridimensional (scanner láser 3D) en la producción actual de levantamientos arquitectónicos", *ARCHE*, nº1, 2006

BOSCH ROIG, Lluís, et al. "Consolidación Estructural de los Puentes de Serranos y de la Trinidad de Valencia. Proceso y Ensayos de puesta en Obra", Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la UPV, 2008

BOSCH ROIG, L. et al. "Las claves de la construcción del puente de serranos de Valencia". En Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción: Valencia, pp. 211-2209, 2009

BOSCH, A.N., SEVILLA, L.L., BOQUERA, A.M. and DURÁ, A.A. "Origen, Influencias y Realidad en la Construcción del Puente de Trinidad de Valencia", Instituto Juan de Herrera, 2009

BUCHER, F. "Medieval Architectural Desing Method", 800-1560. Gesta, vol. 11. pp. 37, 1972

BUCHER, F. "Design in Gothic Architecture: A Preliminary Assessment", *Journal of the Society of Architectural Historians*, vol. 27, pp. 49, 1968

BUSTAMANTE, A.O., CARBO, G.R. and MONDRAGÓN, F.P. "Evaluación Sísmica de Construcciones Históricas de Mampostería: Comparación de tres modelos de Análisis", *Revista de Ingeniería Sísmica*, no. 077. pp. 71-88, 2007

CAMPOS GONZÁLEZ, C. “*La Gloria del Barroco. Campaña de restauración patrimonial*”. Generalitat Valenciana. Fundación La Llum de les Imatges, 2009.

CAMUÑAS PAREDES, A. “*Materiales de Construcción*”, Madrid, Latina, 1980

CAR, E.J., ALMANSA, F.L. and OLLER, S. “*Estructuras Sometidas a Acciones Dinámicas*”, Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE), 2000

CASAR PINAZO, J.I. “*Memoria del Proyecto de restauración de las fachadas a plaza Lope de Vega y calle Tapinería de la Iglesia Santa Catalina Mártir*”. Valencia, 2001

CASATI CALZADA, M.J. and GÁLVEZ RUIZ, J.C. “*The Influence of the Masonry Mechanical Properties in the Structural Behaviour of the Leon’s Cathedral*”, *Materiales De Construcción*, vol. 59, no. 294. pp. 75-96, 2009

CASOLO, S.; and SANJUST, CA. “*Seismic Investigation on the Cathedral of Syracuse by Finite Elements and by a Specific Rigid Body and Spring Model*”, *Structural Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture STREMAH X*, Prague, 2007

CASOLO, S. and SANJUST, C.A. “*Seismic Analysis and Strengthening Design of a Masonry Monument by a Rigid Body Spring Model: The “Maniace Castle” of Syracuse*”, *Engineering Structures*, 7, vol. 31, no. 7. pp. 1447-1459, 2009

CASSINELLO PLAZA, M. J. “*Trazado y Estabilidad de la Arquitectura Gótica*”. Tesis doctoral. Madrid, 2003

CASSINELLO PLAZA, M. “*Trazado y Estabilidad de la Arquitectura Gótica*”, *Cuadernos Intemac*, vol. 53, 2004

CASSINELLO PLAZA, M. J. et al. “*Geometría y Proporción en las Estructuras: ensayos en honor de Ricardo Aroca*”. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, 2010

CASSINELLO, P. “*Influencia de los Terremotos Históricos en la Construcción de las Catedrales Góticas Españolas*”, *Annali Di Architettura: Rivista del centro Internazionale di Studi di*

Architettura "Andrea Palladio", Issue 17, pp.9-20, no. 17, pp. 9-20 ISSN 1124-7169, 2005

CHAMORRO TRENADO, Miguel Angel. La Tecnología Constructiva en Època Medieval: L'Exemple de l'Església de Sant Feliu de Girona. Actes d'Història de la Ciència i de la Tècnica, vol. 1, no. 1, pp. 479-490, 2008

CHOPRA, A.K. Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering, 2001.

CHOPRA, Anil K. "Dynamics of Structures", Prentice Hall, New Jersey, 1995

CODE UIC 778-3. "Recomendations pour l'Evaluation de la capacité portante des Ponts-Voûtes existants en maçonneria et beton", Union Internationales dees Chemins de Fer. , 1995

CORBÍN FERRER, J.L. "Del Miguelete a Santa Catalina: plaza de la Reina y barri d'argenters", Valencia, Federico Doménech, D.L., 1998.

CRESPO GODINO, D., et al. "Análisis Gráfico de la Iglesia de San Juan del Hospital de Valencia", Valencia, Universidad Politécnica de Valencia, 2005

CROCI, G., "The Colosseum: Safety Evaluation and Preliminary Criteria of Intervention", Structural Analysis of Historical Constructions, Barcelona, 1995

CROCI, G. "General Methodology for the Structural Restoration of Historic Buildings: The Cases of the Tower of Pisa and the Basilica of Assisi", *Journal of Cultural Heritage*, 1, vol. 1, no. 1. pp. 7-18 ISSN 1296-2074, 2000

CRUILLES, M. "Guía Urbana de Valencia Antigua y Moderna". Imprenta de José Rius, Tomo I, pp 376-385. Valencia, 1876.

CRUILLES, M. "Templo de Santa Catalina: aproximación histórica", Colegio Oficial de Arquitectos de Valencia y Murcia, p 12, 1979.

D'AVINO, S. "La Técnica Constructiva del Patrimonio Histórico-Arquitectónico en zonas sísmicas", Instituto Juan de Herrera, 2009

DE LA ROSA, José Antonio Ruiz. "Fuentes para el estudio de la geometría fabrorum. Análisis de documentos". Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción: Cádiz, Instituto Juan de Herrera, pp. 1001-1008, 2005

DE NICOLÁS, L. "Arte y Uso de la Arquitectura", 1633

DE ORELLANA, M.A. and CORBÍ Y DE ORELLANA, C. "Valencia Antigua y Moderna", Valencia, Tomo II, 1924.

DE ZÁRRAGA MATA, S. "La Catenaria en Arquitectura", Universidad Politécnica de Madrid

DIEZ ARNAL, J. *Solo cultura, Valencia y Benimàmet*. Obtenido de www.jdiezarnal.com (Enero de 2015)

DURÁ, A.A. and BOQUERA, A.M. "Diagnóstico sobre el comportamiento estructural de la Cúpula de las Escuelas Pías de Valencia", *Restauración & Rehabilitación*, no. 74. pp. 54-57, 2003

DURÁ, A.A. and BOQUERA, A.M. "Técnicas de Diagnóstico Estructural en las Estructuras Históricas: Análisis de la Cúpula de San Miguel de los Reyes (Valencia)", *Loggia: Arquitectura y Restauración*, no. 14. pp. 162-171, 2002

DURÁ, A.A., BOQUERA, A.M. and PULIDO, V.L. "Analysis and Characterization of Earthen Architecture as a Structural Material: The Corbelled Course Domes in Syria", pp. 445-450, 2012

DURÁ, A.A., GÓMEZ-YGUAL, J.G., PUCHALT, J.M. and PULIDO, V.L. "Arquitectura Religiosa: Análisis Constructivo y Estructural", Instituto Juan de Herrera, 2011

ESTEBAN CHAPAPRÍA, J. "Las Restauraciones de la Catedral de Valencia, veinte años después", Vitoria-Gasteiz, 1998

ESTEVE SEBASTIÁ, I. "Memoria del Proyecto de intervención de restauración de la Iglesia Parroquial de San Esteban". Promotor: la Llum de les Imatges. Valencia, 2009

EUROCODE, 6: Design of Masonry structures Part 1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures (EN 1996-1-1: 2005). European Committee for Normalization, Brussels, 2011

EUROCODE, 8: Design of Structures for Earthquake resistance Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings (EN 1998-1: 2004). European Committee for Normalization, Brussels, 2004

GARCÍA VALDECABRES, J. L., *La Métrica y las Trazas en la Iglesia de San Juan del Hospital de Valencia*. Tesis. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica, 2010

GARÍN ORTIZ DE TARANCO, F., CATALÁ GORGUES, M.A. and MONTOLIU SOLER, V. "Catálogo monumental de la ciudad de Valencia". Caja de Ahorros de Valencia, pp 186-189, Valencia, 1983.

GAVARA PRIOR, J., "La Seu de la Ciutat: Catàleg de Plànols, Traces i Dibuixos de l'Arxiu de la Catedral de València", 1996

GAY RAMOS, L. "Proyecto de Reconstrucción del Templo de Santa Catalina en Valencia", San Miguel de los Reyes. Biblioteca Valenciana Nicolau Primitiu. Archivo Luis Gay Ramos, ALGR 376 II. Valencia, 1950-1966.

GIL GAY, M. "Monografía histórico-descriptiva de la Real Parroquia de los Santos Juanes de Valencia", Valencia, Tip. San José, 1909.

GINER, J.J., MOLINA, S. and JÁUREGUI, P.J., "Sismicidad En La Comunidad Valenciana", Física de la Tierra, vol. 15. pp. 163-187, 2003

GINOVRT, J.L. and COSTA, A. "La bóveda y el Trespól. Cobertura y estructura del Gótico Meridional", Actas Del Octavo Congreso Nacional de Historia de La Construcción, pp. 529-536, 2013

GOERLICH, D.B. "Revestimientos Barrocos Levantinos", Institución Fernando el Católico, 2010

GOITIA, F.C. "El Miguelete de Valencia", *Archivo de Arte Valenciano*, no. 62. pp. 3-12, 1981

GÓMEZ FERRER, M. and ZARAGOZA, A. "Lenguajes, Fábricas y Oficios en la Arquitectura Valenciana del Tránsito entre la Edad Media y la Edad Moderna (1450-1550)", *Artigrama*, no. 23. pp. 149-184, 2008

HERRÁEZ BOQUERA, J., DENIA RÍOS, J. L., GARCÍA GARCÍA, E. M., NAVARRO ESTEVE, P. "Aplicaciones del láser escáner a la ingeniería civil", Valencia, 2012.

HERRERO GARCÍA, L., "Plan Director Catedral De Valencia", Consellería de Cultura de la Generalitat Valenciana, 2000

HERRERO SERRANO, M.V. and MAGRO MORO, J.V. "Estudio previo de la rehabilitación de la iglesia de San Nicolás", Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Gestión en la Edificación, 2002.

HEYMAN, J., "Análisis de Estructuras: Un estudio histórico", Reverte, 2004

HEYMAN, J. "La Ciencia de las Estructuras", Reverte, 2001

HEYMAN, J. "Teoría, Historia y Restauración de Estructuras de Fábrica: Colección de Ensayos", Reverte, 1999

HEYMAN, J. "The Safety of Masonry Arches", *International Journal of Mechanical Sciences*, vol. 11, no. 4. pp. 363-385, 1969

HEYMAN, J. "El Esqueleto de Piedra: Mecánica de la Arquitectura de Fábrica", Madrid, Instituto Juan de Herrera, CEDEX, CEHOPU, ISBN 8489977739, 1999

HEYMAN, J. "Arches, Vaults and Buttresses: Masonry Structures and their Engineering", Aldershot, Variorum, ISBN 0860785971, 1996

HEYMAN, J. "Equilibrium of Shell Structures", Oxford, Clarendon Press, ISBN 0198561393, 1977

HEYMAN, J. "Beams and Framed Structures", 2a, ed. Oxford, Pergamon, 1974

HEYMAN, J., et al. "Teoría, Historia y Restauración de Estructuras de Fábrica: Colección De Ensayos", Madrid, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, CEHOPU, Instituto Juan de Herrera, 1995

HISLOP, M. "Cómo construir una Catedral: Construyendo la Historia de una Obra Maestra Medieval", Madrid, Akal, 2013

HUERTA FERNÁNDEZ, S. "El Cálculo de Estructuras en la Obra de Gaudí", Ingeniería Civil, no. 130. pp. 121-133, 2003

HUERTA FERNÁNDEZ, S. "Mechanics of Masonry Vaults: The Equilibrium Approach", 2001

HUERTA FERNÁNDEZ, S. "La Teoría del Arco de Fábrica: Desarrollo Histórico", Obra Pública, no. 38. pp. 18-29, 1996

HUERTA, S. "Mecánica de las Bóvedas de Fábrica: el enfoque del equilibrio", Informes de la Construcción, vol. 56. pp. 73, 2005

HUERTA, S. "Arcos, Bóvedas y Cúpulas: Geometría y Equilibrio en el Cálculo Tradicional de Estructuras de Fábrica", Madrid, Instituto Juan de Herrera, ISBN 8497281292, 2004

HUERTA, S. "Structural Design in the Work of Gaudí", Architectural Science Review, vol 49.4, pp 324-339, 2006

HÜTE. "El Manual Del Ingeniero", Gustavo Gili, 1984

IBÁÑEZ DEL RIO, J. and GOMIS GÓMEZ-YGUAL, J. "Obra de restauración torre-campariario de la iglesia del Salvador. Valencia", Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Gestión en la Edificación, 1998.

I CORNET, A.G. Iglesia de la Colonia Güell. DC PAPERS, Revista de Crítica y Teoría de la Arquitectura, 2006, no. 15. pp. 82-85.

I GINOVART, J.L. "La Scientia Vero Ingeniis. El Concepto de Homogeneidad del Material Versus Resistencia en los Pilares de una Catedral Gótica", Instituto Juan de Herrera, 2009

I SANS, J.F. "Apreciacions sobre l'ús de les Cobertes amb arcs Diafragma a l'arquitectura Medieval Catalana", *Acta Historica et Archaeologica Mediaevalia*, no. 7, pp. 437-451, 1986

ICOMOS. "Recommendations for the Analysis, Conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage", 2001

Instituto Eduardo Torroja de la Construcción,y del Cemento. Prescripciones del Instituto Eduardo Torroja, Obras de Fábrica, Madrid: Instituto Eduardo Torroja, 1971

IVORRA CHORRO, S. "Acciones dinámicas introducidas por las vibraciones de las campanas sobre la estructura de las torres-campanario", Tesis doctoral. Valencia, 2003.

IVORRA, S. and PALLARÉS, F.J. "Dynamic Investigations on a Masonry Bell Tower", *Engineering Structures*, vol. 28, no. 5. pp. 660-667, 2006

IVORRA, S., PALLARÉS, F.J. and ROMERO, M. "Numerical and Experimental Study of the Dynamic Behaviour of San Nicolás Belltower (Valencia, Spain)", *Structural Analysis of Historical Constructions*, New Delhi, 2006.

JUAN, A.O. "La Catedral de Valencia". Valencia: Universitat de València, 2012

JUAN VIDAL, F. "José Mínguez, arquitecto del siglo XVIII. Un modelo de campanario." Tesis doctoral. Valencia, Mayo 1999.

LAFARGA, A.J.M. "Mecánica de las Estructuras antiguas: o cuando las Estructuras no se calculaban". Munilla-Lería, 2011

LLOP I BAYO, F. *L'afició a les campanes. Introducció a los toques de campanas tradicionales y al cambio de categorización espacial de la ciudad de Valencia.* Tesis doctoral. Valencia, 1991.

LLOP I BAYO, F. and MARTÍN, L. "Campanas vivas: la música más alta de Valencia", Valencia, Ajuntament de Valencia, 2007.

LLOPIS PULIDO, V., ALONSO DURÁ, A. and FENOLLOSA, E. "Seismic Evaluation of the Cathedral of Valencia (Spain). Applying a Scalar Damage Model". 2013

LLOPIS PULIDO, V. "La catedral de Valencia: construcción y estructura. Análisis del cimborrio". Tesis doctoral, Valencia, 2014.

LLUIS I GINOVART, J., et al. "Cracking Process of a Oval Dome in the Cathedral of Tortosa. Assessment of the Collapse Mechanism". *Informes de la Construcción*, vol. 65, no. 532. pp. 509-517, 2013

LÓPEZ GONZÁLEZ, C. and GARCÍA VALLDECABRES, J. "La Instauración del Sistema Metro-lógico Valenciano y Jaime I en la Tradición Medieval: Los Sistemas de unidades, las prácticas de control y los usos". Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2006

LÓPEZ MANZANARES, G. "La Estabilidad De La Cúpula De S. Pedro", El Informe De Los Tres Matemáticos, 1998.

LÓPEZ MANZANARES, G. "La estabilidad de la cúpula de S. Pedro: el informe de los tres matemáticos". Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la construcción, Universidad da Coruña, p. 285-294, 1998

LORENZONI, F., et al. "Settlement induced Damage Modelling of Historical Buildings: The Bell Tower of the Basilica Dei Frari in Venice", 2010

LORENZONI, F., et al. "Settlement Induced Damage Modelling of Historical Buildings: The Bell Tower of the Basilica dei Frari in Venice". *Advanced Materials Research*, vol. 133, p. 561-566. MLA, 2010

LOURENÇO, P. "Experimental and Numerical Issues in the Modelling of the Mechanical Behaviour of Masonry". *Structural Analysis of Historical Constructions*. CIMNE, Barcelona, pp. 57, 1998

LOURENÇO, P. "Computational Strategies for Masonry Structures", Delft University of Technology, 1996

LOURENÇO, P.B., et al. "Experimental Investigation on the Seismic Performance of Masonry Buildings using Shaking Table Testing". *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 11, no. 4. pp. 1157-1190, 2013

LOURENÇO, P.B., KRAKOWIAK, K.J., FERNANDES, F.M. and RAMOS, L.F. "Failure Analysis of Monastery of Jerónimos, Lisbon: How to Learn from Sophisticated Numerical Models". *Engineering Failure Analysis*, vol. 14, no. 2. pp. 280-300, 2007

LOURENÇO, P.B. and ROQUE, J.A. "Simplified Indexes for the Seismic Vulnerability of Ancient Masonry Buildings". *Construction and Building Materials*, 5, vol. 20, no. 4. pp. 200-208, 2006

LOURENÇO, P.B., TRUJILLO, A., MENDES, N. and RAMOS, L.F. "Seismic Performance of the St. George of the Latins Church: Lessons Learned from Studying Masonry Ruins". *Engineering Structures*, vol. 40. pp. 501-518, 2012

LOURENÇO, P.B. and PINA-HENRIQUES, J. "Validation of Analytical and Continuum Numerical Methods for Estimating the Compressive Strength of Masonry". *Computers & Structures*, 11, vol. 84, no. 29-30. pp. 1977-1989, 2006

LOURENÇO, P.B., TRUJILLO, A., MENDES, N. and RAMOS, L.F. "Seismic Performance of the St. George of the Latins Church: Lessons Learned from Studying Masonry Ruins". *Engineering Structures*, 7, vol. 40, no. 0. pp. 501-518, 2012

LUJAN CAMPAÑA, D. and BARELLES VICENTE, E. "Análisis del proceso y sistema constructivo de la torre campanario del Miguelete", Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Gestión en la Edificación, 2009.

MAGRO MORO, J.V., *La Catedral de Valencia, Proceso Histórico y Valoración Crítica.* Tesis. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 1985

MALLARDO, V., MALVEZZI, R., MILANI, E. and MILANI, G. "Seismic Vulnerability of Historical Masonry Buildings: A Case Study in Ferrara". *Engineering Structures*, 8, vol. 30, no. 8. pp. 2223-2241, 2008

MARAMBIO CASTILLO, Alejandro Esteban; GARCIA-ALMIRALL, M. Pilar. "Escaner laser: modelo 3D y orto imágenes arquitectónicas de la iglesia de Santa María del Mar en Barcelona". ACE: Arquitectura, Ciudad y Entorno, núm. 2, 2006

MARQUES, R. and LOURENÇO, P.B. "A Model for Pushover Analysis of Confined Masonry Structures: Implementation and Validation". *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 11, no. 6. pp. 2133-2150, 2013

MARTÍNEZ ALOY, J. "Geografía General del Reino de Valencia", Establecimiento editorial de Alberto Martín, p 810, Barcelona, 1923.

MARTINEZ BOQUERA, A. and ALONSO DURÁ, A. "Structural Analysis of the Dome of the Pious Schools in Valencia", 10th, East Asia-Pacific conference on structural engineering and construction; Supplementary papers, 77-82. 2006

MARTÍNEZ BOQUERA, A., ALONSO DURÁ, A. and SOLER VERDÚ, R. "The Second International Congress on Construction History Cambridge University" ed., The Eighteenth Century Brickwork Domes in Valencia, 2006

MARTINEZ BOQUERA, A., ALONSO DURÁ, A., SOLER VERDÚ, R. and SOLER ESTRELLA, A. "Reinforcement Work Carried Out on the Todollella Parish Church After the Collapse of a Pilaster Supporting the Classical Style Dome, Castellon, Spain". *7th International Conference on Fracture Mechanics of Concrete and Concrete Structures*. Korea, 2010

MARTÍNEZ, J. L., MARTÍN-CARO and J.A. LEÓN, J. "Comportamiento mecánico de la obra de fábrica". ETS Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Departamento de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras, 2001

MAS GUINDAL, A.J. "La Concepción Estructural de la Fábrica en la Arquitectura". *Informes de la Construcción*, vol. 56, no. 496. pp. 3-12, 2005

MILETO, C., PRIVITERA, P., VEGAS LÓPEZ-MANZANARES, F. and MARTELLA, F. "Un hecho olvidado: El Terremoto del 15 de Noviembre de 1775". *Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la UPV*, 2011

MIQUEL JUAN, M. "Entre la Formación y la Tradición: Martí Lobet a Cargo de las Obras de la Catedral de Valencia between the Training and the Tradition: Martí Lobet Directing the Building of the Cathedral of Valencia", *Espacio, Tiempo y Forma*, Serie VII, H.a Del Arte, pp. 13-44, 2010

MIQUEL, M., "Martí Lobet en la Catedral de Valencia (1417-1439). La renovación del lenguaje gótico valenciano", *Historia de la Ciudad*, VI. *Proyecto y Complejidad*, Valencia: Colegio Oficial de Arquitectos de Valencia, pp. 103- 126, 2010

MIRA, E., ZARAGOZÁ CATALÁN, A. "Una arquitectura gótica mediterránea". Generalitat Valenciana, Subsecretaria de Promoció Cultural, 2003

MONDRAGÓN, F.P. "Estrategias para el Modelado y el Análisis Sísmico de Estructuras Históricas". *Revista De Ingeniería Sísmica*, no. 83. pp. 43-63, 2010

MONDRAGÓN, F.P. and LOURENÇO, P.B. "Criterios para el Refuerzo Antisísmico de Estructuras Históricas". *Revista de Ingeniería Sísmica*, no. 87. pp. 47-66, 2012

MORA BERENGUER, F. "Campanarios de Valencia", Valencia, Real Academia de Bellas Artes de San Carlos, 1954.

MORENO GONZALEZ, J. L. "Verificación de la seguridad estructural en las cargas verticales. Aplicación de las PIET-70 y la NBE-FL-90. Comparación con la EC-6". *RE: revista de edificación*, no 26, p. 77, 1997

MORENO PUCHALT, J. "Análisis constructivo y estructural de la Iglesia Parroquial San Miguel Arcángel de Jalance" Trabajo Final de Máster, Valencia, 2011

MORENO PUCHALT, J., ALONSO DURÁ, A., MARTÍNEZ BOQUERA, A., LLOPIS PULIDO, V., "Structural behaviour analysis of the bell tower of Santa Catalina's Church of Valencia", *9th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions*, Mexico, 2014

MORENO-NAVARRO, J.L.G. "El Caso de los Arbotantes de la Cabecera de la Iglesia Gótica de Castelló d'Empuries (la llamada catedral del Ampurdán)". Instituto Juan de Herrera, 2007

NAVARRO FAJARDO, J.C. "Bóvedas de la Arquitectura Gótica Valenciana: Traza y Montea". Valencia: Publicacions Universitat de València, 2006

NAVARRO SALVADOR, T. and GOMIS GÓMEZ-YGUAL, J. "Estudio sobre la iglesia parroquial del protomártir San Esteban". Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Gestión en la Edificación, 1999.

NAVASCUÉS PALACIO, P. and SARTHOU CARRERES, C. "Catedrales de España". 7a ed. Madrid: Espasa Calpe, 1986

NONELL, J.B. and GABARRÓ, G.G. "La Catedral de Antoni Gaudí: Estudio Analítico de su Obra". Univ. Politèc. de Catalunya, 1999

O'DWYER, D. "Funicular Analysis of Masonry Vaults". *Computers & Structures*, 0, vol. 73, no. 1-5. pp. 187-197, 1999

OCHSENDORF, J.A., GARCIA, J.I.H. and FERNÁNDEZ, S.H. "Limit Analysis of Masonry Buttresses". *Revista de Obras Publicas*, vol. 150, no. 3439. pp. 27-42, 2003

OCHSENDORF, J.A., HERNANDO, J.I. and HUERTA, S. "Collapse of Masonry Buttresses". *Journal of Architectural Engineering*, vol. 10, no. 3. pp. 88-97, 2004

OLLER, S.; CHAVES, E. "Fractura Mecánica: un enfoque global". 2000

OLMOS Y CANALDA, E. "Incunables de la Catedral de Valencia". Madrid: CSIC, Instituto Jerónimo Zurita, 1951

OÑATE, E. "Desarrollos y Aplicaciones de Modelos de Fractura en la Escuela de Ingenieros de Caminos de Barcelona". Cimne, vol. 201, 2000

OÑATE, E., HANGANU, A. and BARBAT, A. "Structural Analysis and Durability Assessment of Historical Constructions using a Finite Damage Model". Cimne, Barcelona, 1996

ORDUÑA BUSTAMANTE, A., ROEDER CARBO, G. and PEÑA MONDRAGÓN, F. "Evaluación sísmica de construcciones Históricas de Mampostería: Comparación de Tres". *Revista de Ingeniería Sísmica*, vol. 77. pp. 71-88, 2007

PARDO REDONDO, G., GARCÍA VALLDECABRES, J., LÓPEZ GONZÁLEZ, M.C. "Evolución constructiva de la Iglesia de San Juan del Hospital a través del Análisis de sus Fábricas". Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Gestión en la Edificación 2004

PASCUAL GIMENO, S. "Torres y campanarios valencianos: Valencia y su provincia", Valencia, Graphic 3, 1979.

PÉREZ-ARADOS SANTO, A. and GOMIS GÓMEZ-YGUAL, J. "Estudio sobre la torre campanario y salas anexas a ésta de la iglesia parroquial de San Esteban", Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Gestión en la Edificación, 1999.

PERELLÓ ROSSO, R. "Aproximación al comportamiento estructural de la iglesia y torre del monasterio de Santa María de la Murta". Tesis doctoral, Valencia, 2015.

PÉREZ CASAS, A. *Proyecto I+D "Mupart" Iglesia de Santa Catalina Mártir*. Departamento de Historia del Arte de la Universidad de Valencia, 2012.

PINGARRÓN ESAÍN, F. "Arquitectura religiosa del siglo XVII en la ciudad de Valencia", Valencia, Ajuntament de València, 1998.

PINGARRÓN ESAÍN, F. "El campanario barroco de la Iglesia de Santa Catalina Mártir de Valencia", Real Academia de Cultura Valenciana, Valencia, 2002.

PLAZA, M.J.C. "Racionalidad Sísmica En La Arquitectura Ojival: Tipos Estructurales y Constructivos". Instituto Juan de Herrera, 2005

POLENI, G. "Memorie Istoriche della rran Cupola del Tempio Vaticano". Padua: Nella Stamperia del Seminario, 1748

QUINTANILLA CAÑAS, J.P. and MAGRO MORO, J.V. "Estudio previo para la rehabilitación

del oratorio y la sacristía barroca de la iglesia de San Nicolás”, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Gestión en la Edificación, 2003.

PSYCHARIS, I.N., et al. “Numerical Study of the Seismic Behaviour of a Part of the Parthenon Pronaos”. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, vol. 32, no. 13. pp. 2063-2084, 2003

RAMOS, A. and LEÓN, J. “Classification of Backfill at the Extradados of Masonry Vaults”. *Informes De La Construcción*, vol. 65, no. 532. pp. 471-480, 2013

RIVERA, D., MELI, R., SÁNCHEZ, R. and OROZCO, B. “Evaluation of the Measured Seismic Response of the Mexico City Cathedral”. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 2008, vol. 37, no. 10. pp. 1249-1268, 2008

ROCA P., PELLEGRINI L., OÑATE, E., HANGANU, A., “Analysis of the Structure of Gothic Cathedrals Application to Barcelona Cathedral”. Barcelona: Int Center Numerical Methods Engineering, 1998

ROCA, P. “Estudios de la Cripta de la Colonia Güell de Gaudí”. *Análisis Estructural de Construcciones Históricas II*. Cimne, Barcelona, pp. 377-393, 1998

ROCA, P., CERVERA, M., GARIUP, G. and PELA, L. “Structural Analysis of Masonry Historical Constructions”. *Classical and Advanced Approaches*. Archives of Computational Methods in Engineering, vol. 17, no. 3. pp. 299-325, 2010

ROCA, P., et al. “Continuum FE Models for the Analysis of Mallorca Cathedral”. *Engineering Structures*, 1, vol. 46, no. 0. pp. 653-670, 2013

ROMERA, L.E., HERNÁNDEZ, S. and GUTIERREZ, R. “Numerical Characterization of the Structural Behaviour of the Basilica of Pilar in Zaragoza (Spain)”. Part 2: Constructive Process Effects. *Advances in Engineering Software*, 4, vol. 39, no. 4. pp. 315-326, 2008

ROMERA, L.; HERNÁNDEZ, S. and REINOSA, J. M. “Análisis Del Comportamiento Estructural de la Basílica del Pilar de Zaragoza”. *Revista Internacional de Métodos Numéricos*, 2005

RUBIO, J. "Els Conceptes Orgànics, Mecànics i Constructius de la Catedral de Mallorca". *Anuario Asociación de Arquitectos de Cataluña*, 1912

SALOUSTROS, S., PELÁ, L., ROCA, P., & PORTAL, J. "Numerical analysis of structural damage in the church of the Poblet Monastery". *Engineering Failure Analysis*, 41-61, 2015.

SALVADOR ESTEBAN, E. "Distritos urbanos en la Valencia moderna. Un proceso de secularización, racionalidad y concreción". *Revista de la Facultat de Geografia i Història*, nº 51-52, pp 361-378, Valencia, 2001-2002.

SAN NICOLÁS, L. "Arte y uso de la arquitectura", Madrid, Plácido Barco López, 1796.

SÁNCHEZ DE LA CAMPA BRENES, F. and GOMIS GÓMEZ-YGUAL, J. "Estudio sobre la torre campanario de la iglesia parroquial de San Nicolás", Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Gestión en la Edificación, 2003.

SÁNCHEZ MUÑOZ, D. "Arquitectura en Valencia (1939-1957)". Universitat de València, 2011

SÁNCHEZ MUÑOZ, D. "Recuperación de la arquitectura historicista en la Valencia de Posguerra. Fundamentación teórica y procesos de repriminación". *Ars longa*, no 14-15, p. 355-363, 2005

SANCHIS GUARNER, M., "La Ciudad de Valencia: Síntesis de Historia y de Geografía Urbana". Valencia: Ajuntament de València, Consell Valencià de Cultura, Direcció General del Llibre i Coordinació Bibliotecaria, 1999

SANCHÍS SIVERA, J. "La Catedral de Valencia, Guía Histórico y Artística". Valencia, 1909

SANCHÍS SIVERA, J. "El Micalet de la Catedral de Valencia", Valencia, Ed. Catedral de Valencia, 1977.

SEBASTIÁN LÓPEZ, S. and ZARRANZ DOMÉNECH, M. R. "Historia y mensaje del templo de los Santos Juanes", Valencia, Federico Doménech, 2ª ed, 2000.

SEDANO LOZANO, L. and GOMIS GÓMEZ-YGUAL, J. "Estudio sobre la torre campanario y salas anexas en la iglesia parroquial de San Martín", Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Gestión en la Edificación, 2000.

SEGURA DE LAGO, J. "La Repristinació de la Catedral de València". València: , 1971

SOLARES, J.M.M. "Sismicidad Pre-Instrumental. Los Grandes Terremotos Históricos En España". *Enseñanza De Las Ciencias De La Tierra*, vol. 19, no. 3. pp. 296-304, 2011

SOLER VERDÚ, R., PALAIA PÉREZ, L., ESTEBAN CHAPAPRÍA, J. "La Cúpula en la Arquitectura Moderna Valenciana, Siglos XVI a XVIII, Metodologías de Estudios Previos para las Arquitecturas de Sistemas Abovedados". Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 1995

SOLER VERDÚ, R. "De la Antigua Aula Capitular de la Iglesia Catedral Basilica Metropolitana de Santa Maria (Valencia)". Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 1999

SOLER, R., MARTÍNEZ, A. and ALONSO, A. "The Eighteenth Century Brickwork Domes in Valencia". Cambridge University, 2006

SORIANO RULL A. Código Técnico de la Edificación. Vol. I, Construcción, Estructuras, Seguridad, Materiales. Barcelona: Marcombo, 2007

STREET, E. "La Arquitectura Gótica en España". Editorial Saturnino Calleja, 1926

TEIXIDOR, J. "Monumentos Históricos de Valencia y su Reino. Antigüedades de Valencia". Librería de Pascual Aguilar, 1895

TEIXIDOR, J. "Monumentos Históricos de Valencia y Su Reino". Libro Segundo, Capítulo III, Tomo I, p.227 ed. , 1767

TORMO, E. "La Catedral Gótica de Valencia, III Congreso de Historia de la Corona de Aragón, dedicado al periodo comprendido entre la muerte de Jaime I y la proclamación del rey Don Fernando de Antequera", Valencia

TORRES BALBAS, L. "Ars Hispaniae, Historia Universal del Arte Hispánico". Madrid: Plus

Ultra, 1946; 1966

TOSCA, T.V. "Compendio Mathematico". Universidad Politécnica de Valencia. ICARO, facsimilar ed. Valencia: UPV, 2000

TOSCA, T.V. "Tratado de La Montea y Cortes de Cantería". Valencia: París-Valencia, 1992

UGALDE, A. "Terremotos: Cuando La Tierra Tiembla". Editorial CSIC-CSIC Press, 2009

ULLOA, F.L. "La Tipología de la Arquitectura Gótica Española a través de los Apuntes de George E. Street, a los 150 Años de su primer viaje a España". Instituto Juan de Herrera, 2011

VACAS ALBALA, A. "Análisis Sísmico de las Catedrales Góticas Mediante el Método del Espectro de Capacidad". Universidad Politécnica de Cataluña, 2009

VALCÁRCEL, J.P., DOMÍNGUEZ, J., MARTÍN, E. and ESCRIG, F. "Structural Behaviour of Gothic Vaults", 2003

Valencia Arzobispado and Comunidad Valenciana Generalitat. "La Luz de las Imágenes" [Exposición] Catedral de Valencia, Valencia: Generalitat Valenciana, 1999

Valencia Arzobispado and Comunidad Valenciana Generalitat. "La Iglesia Valentina en su Historia". Valencia: Generalitat Valenciana, 1999

VARGAS, Y.F., PUJADES, L.G., BARBAT, A.H. and HURTADO, J.E. "Incremental Dynamic Analysis and Pushover Analysis. A Probabilistic Comparison". 2011

VILAPLANA, D. "Arte e historia de la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia", Consell Valencià de Cultura, 1996.

VILAPLANA ZURITA, D. "La Catedral de Valencia". León: Everest, 1997

WANG, Z.L. "Characterization of Nanophase Materials". Weinheim: Wiley-VCH, 2000

ZARAGOZÁ CATALÁN, A. "Iglesias de Arcos Diafragma y Armadura de madera en la Arquitectura Medieval Valenciana". Tesis doctoral, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 1990

ZARAGOZÁ CATALÁN, Arturo. "Arquitectura Gótica Valenciana, Siglos XIII-XV: Monumentos de la Comunidad Valenciana", Catálogo de Monumentos y Conjuntos declarados e Incoados, Tomo 1, 2000

ZARAGOZÁ CATALÁN, A. "A Propósito de las Bóvedas de Crucería y otras Bóvedas Medievales". Anales de Historia del Arte, vol. Extraordinario. pp. 99-126. 2009

10. ANEXO_ LEVANTAMIENTO GRÁFICO

A continuación se realiza un levantamiento gráfico del conjunto de la Iglesia de Santa Catalina y su campanario incluyendo la información aportada por el escáner láser en los planos que realizó Casar.

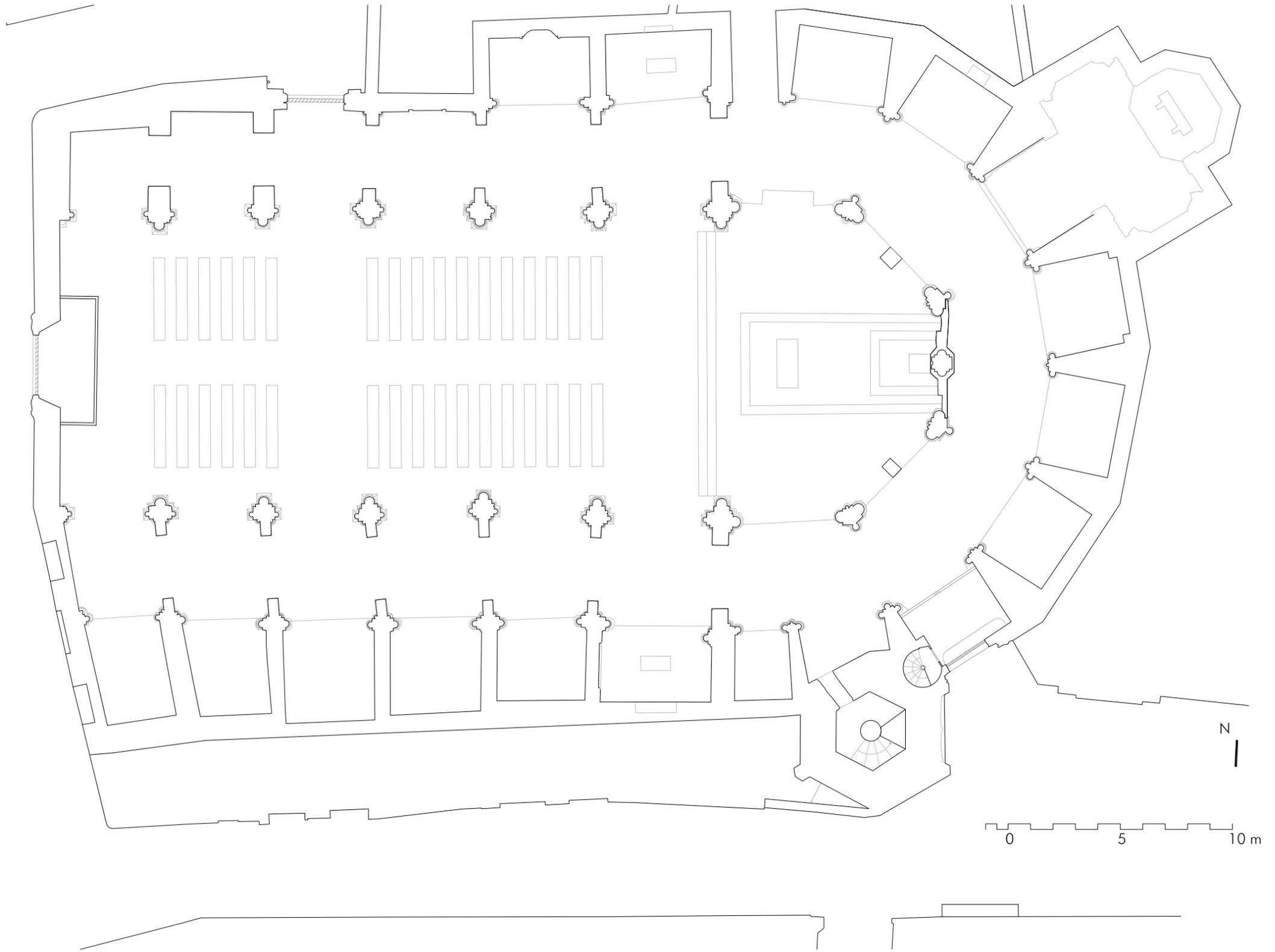
Los planos elaborados son:

- P01_ Planta de la Iglesia, cota +1'00 m. Escala 1/200
- P02_ Planta cenital, cota +9'70 m. Escala 1/200
- P03_ Planta de cubiertas. Escala 1/200
- P04_ Alzado Plaza Lope de Vega. Escala 1/100
- P05_ Alzado Calle Tapinería. Escala 1/100
- P06_ Sección A-A'. Escala 1/100
- P07_ Sección B-B'. Escala 1/100
- P08_ Sección C-C'. Escala 1/100
- P09_ Sección D-D' y E-E'. Escala 1/100
- P10_ Campanario. Alzado Este, Sección Transversal y Alzado Sureste. E 1/200
- P11_ Campanario. Plantas a distintas alturas. Escala 1/200

Plano 01_ Planta Iglesia.
Cota +1.00m

Escala_ 1/200

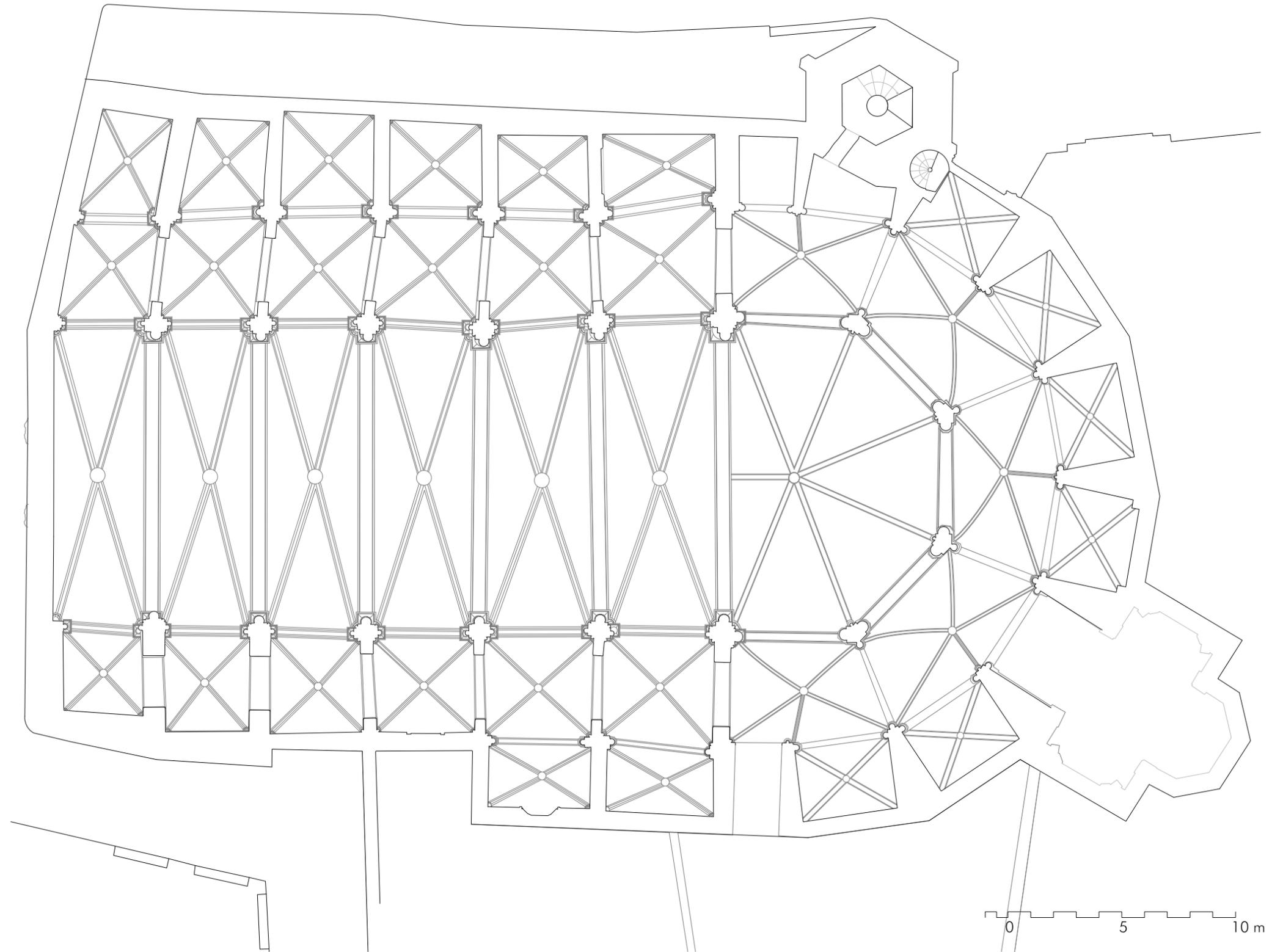
313



Plano 02_ Planta Cenital.
Cota +9.70m

Escala_ 1/200

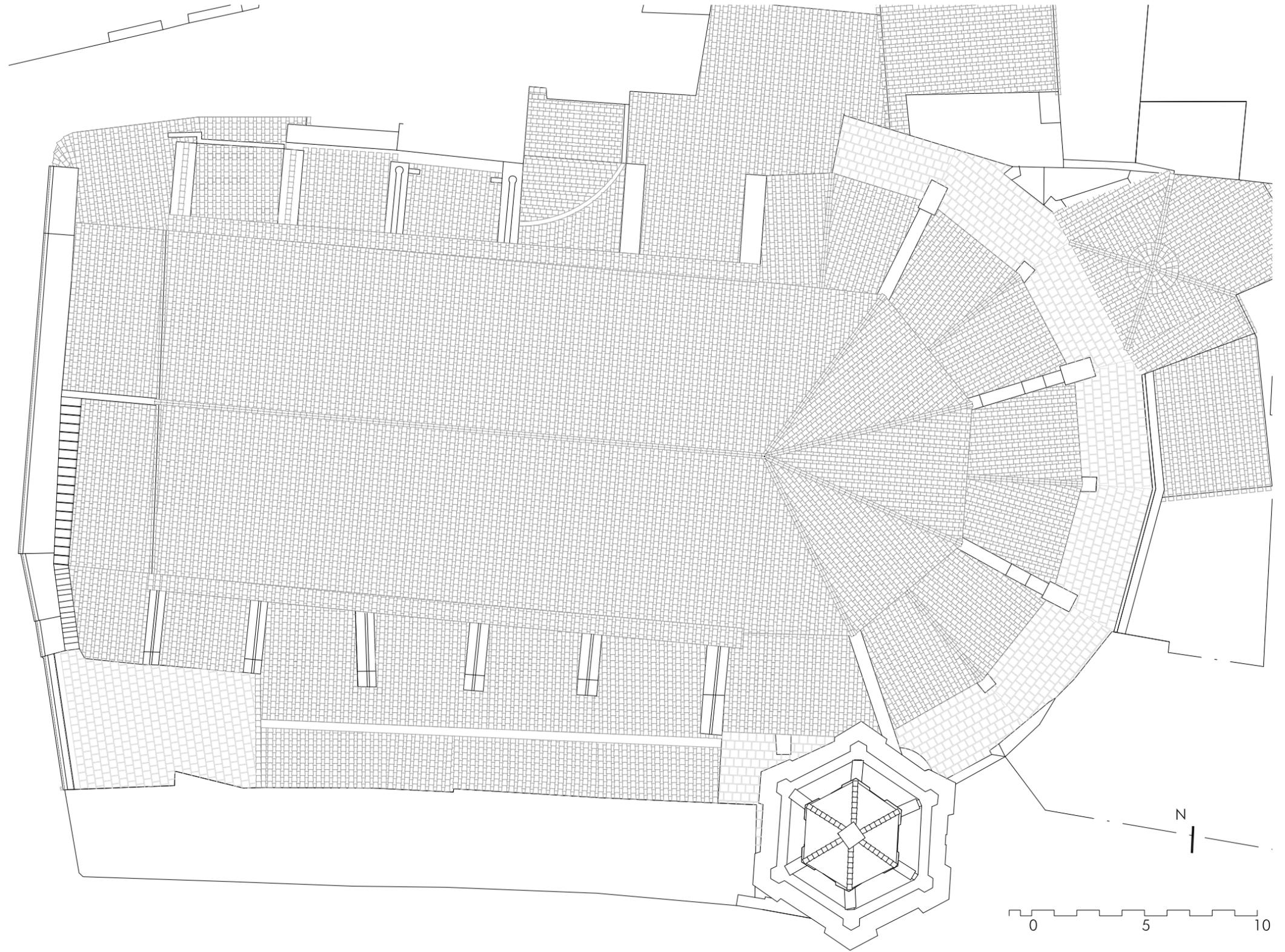
315



Plano 03_ Planta Cubiertas

Escala_ 1/200

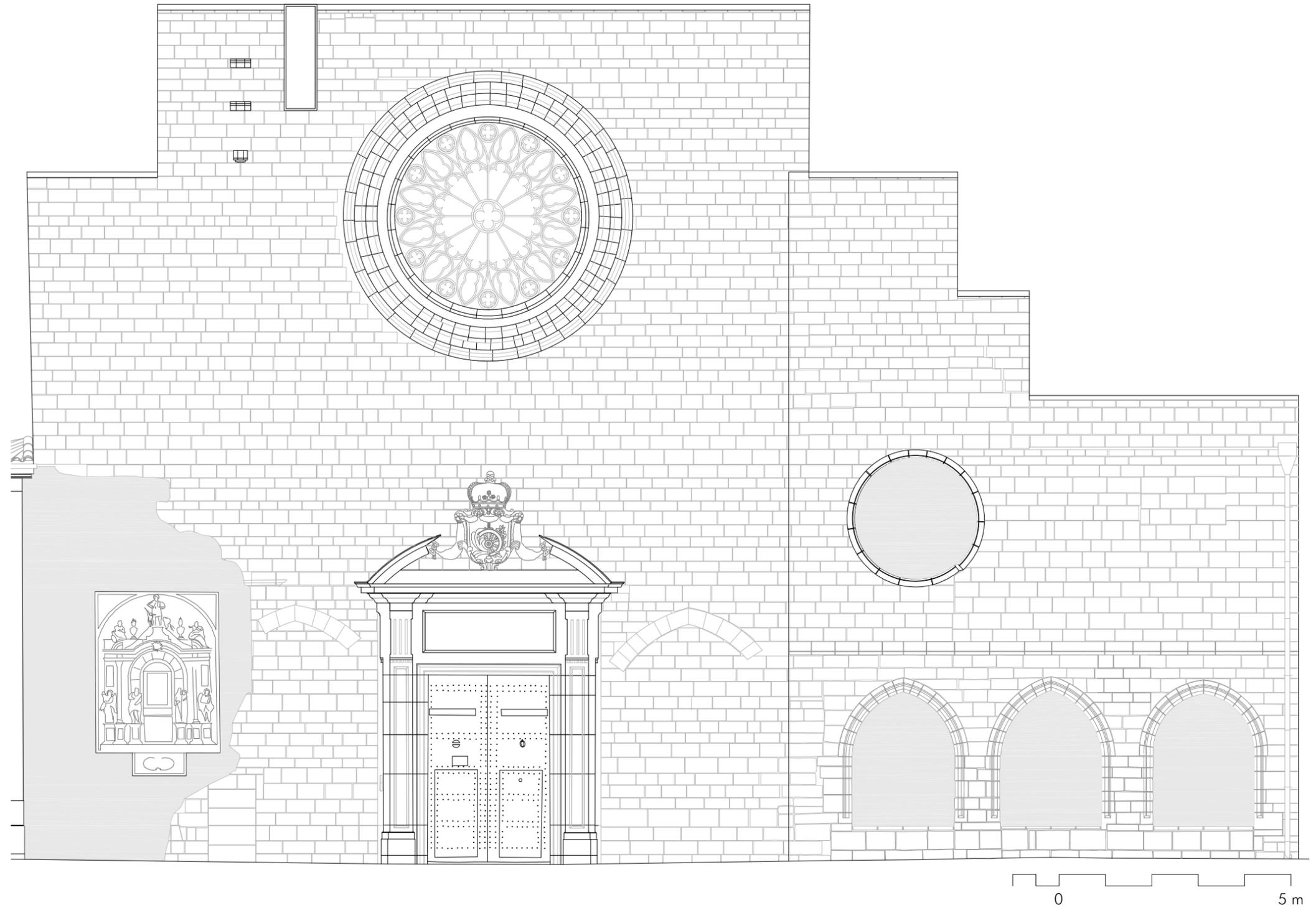
317



Plano 04_ Alzado Plaza
Lope de Vega

Escala_ 1/100

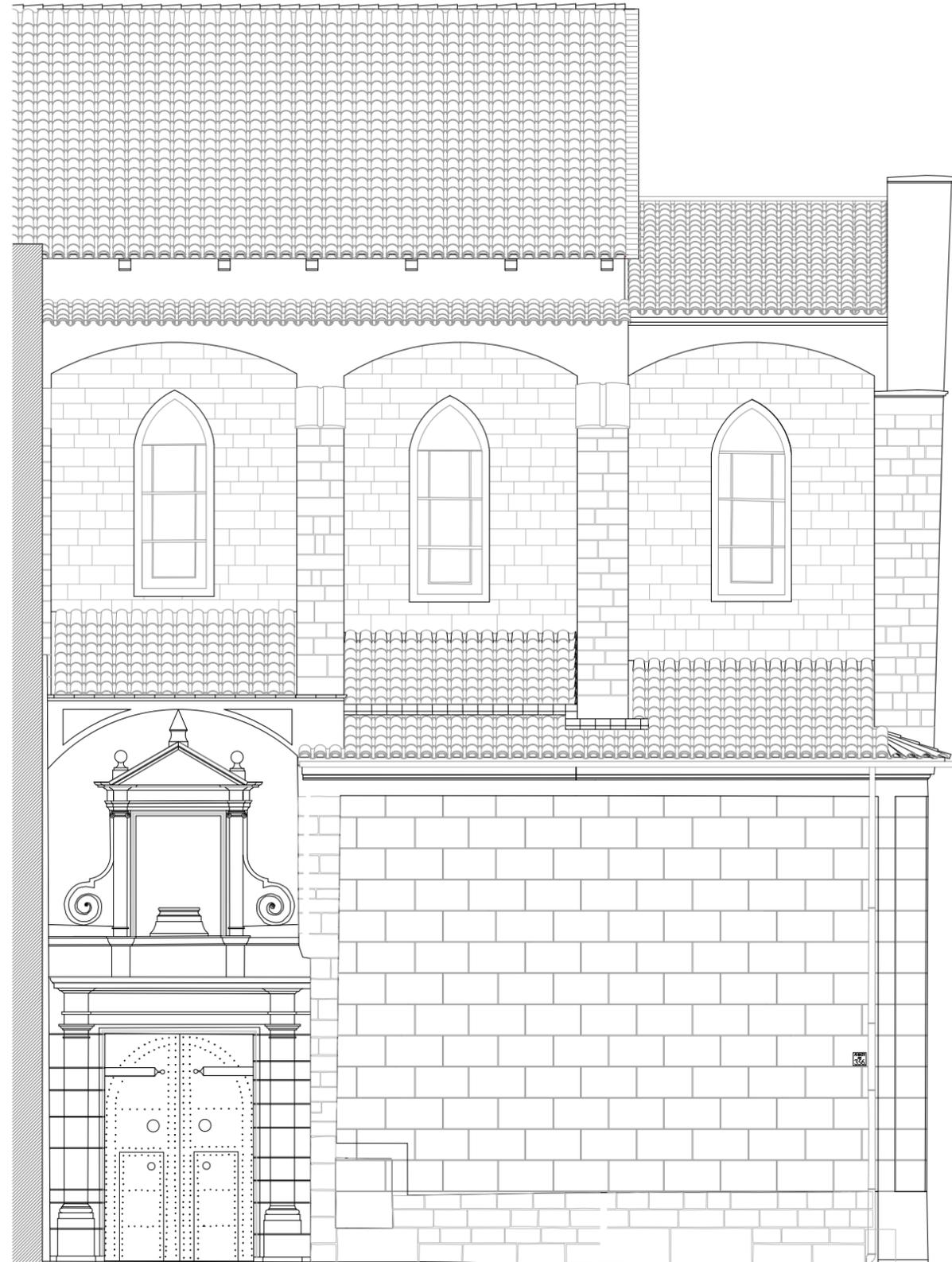
319



Plano 05_ Alzado
Calle Tapinería

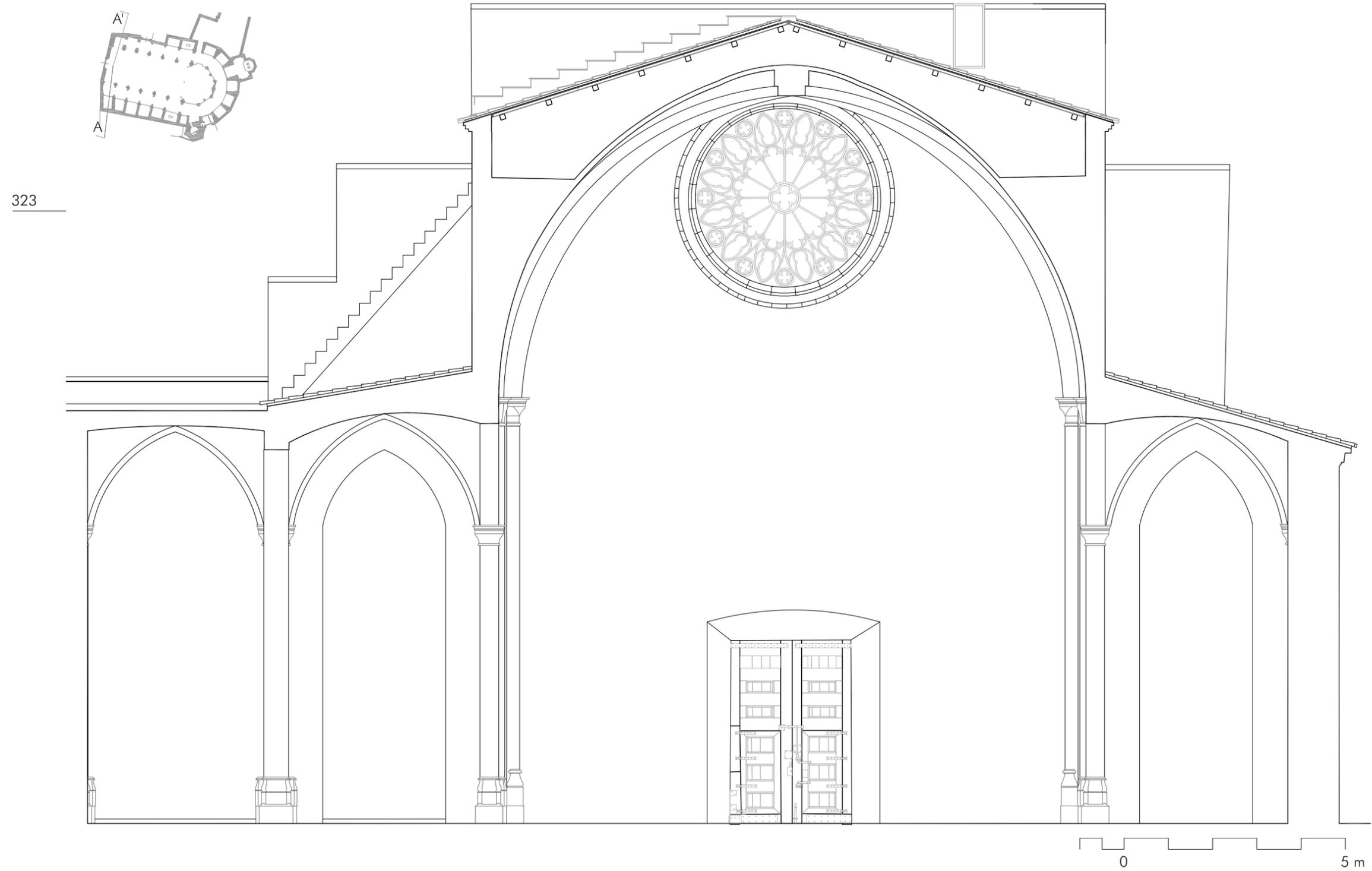
Escala_ 1/100

321



Plano 06_ Sección A-A'

Escala_ 1/100



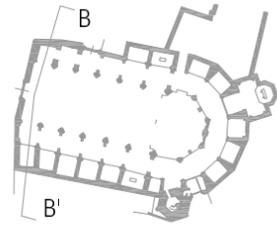
323

0

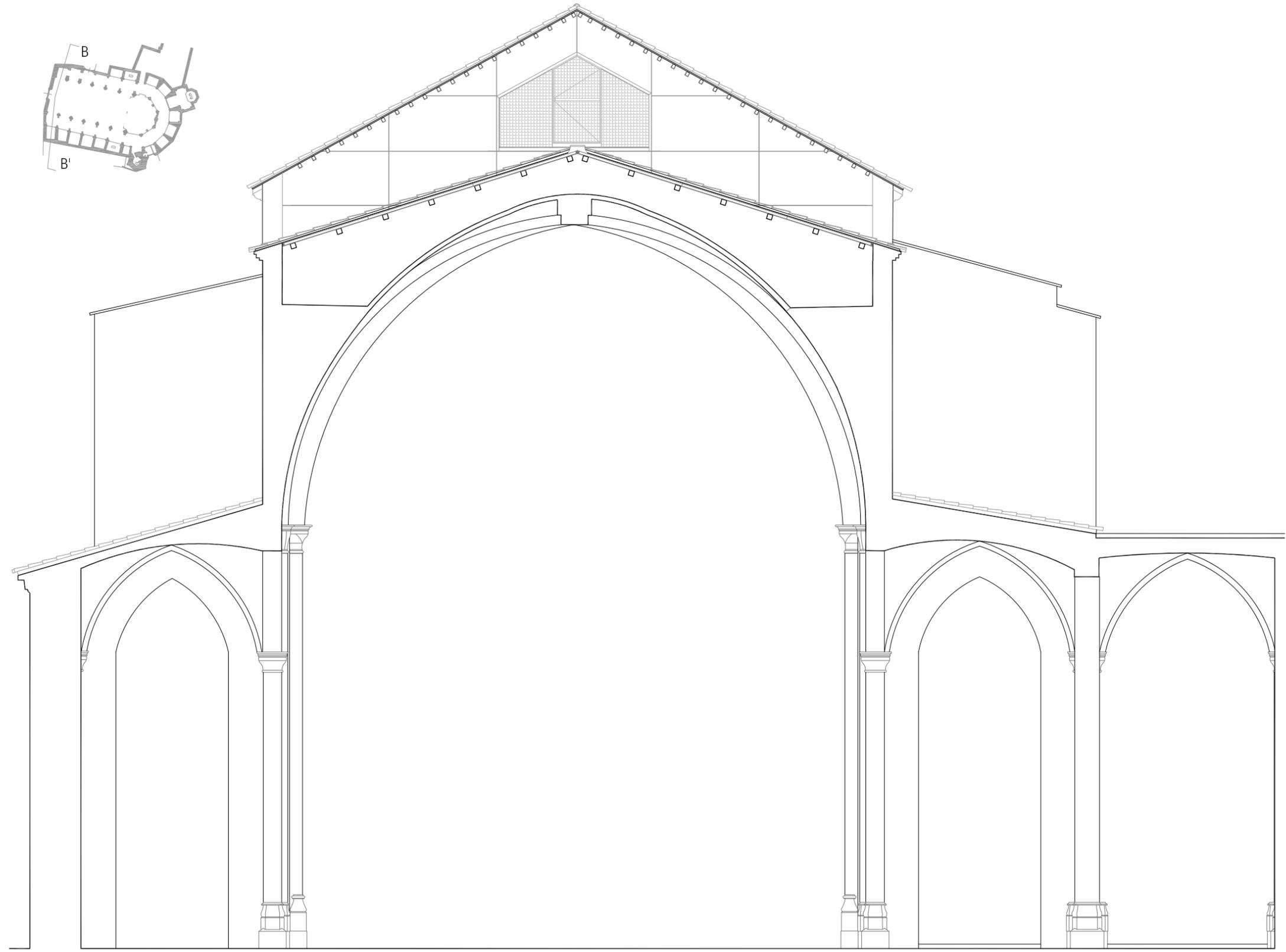
5 m

Plano 07_ Sección B-B'

Escala_ 1/100



325

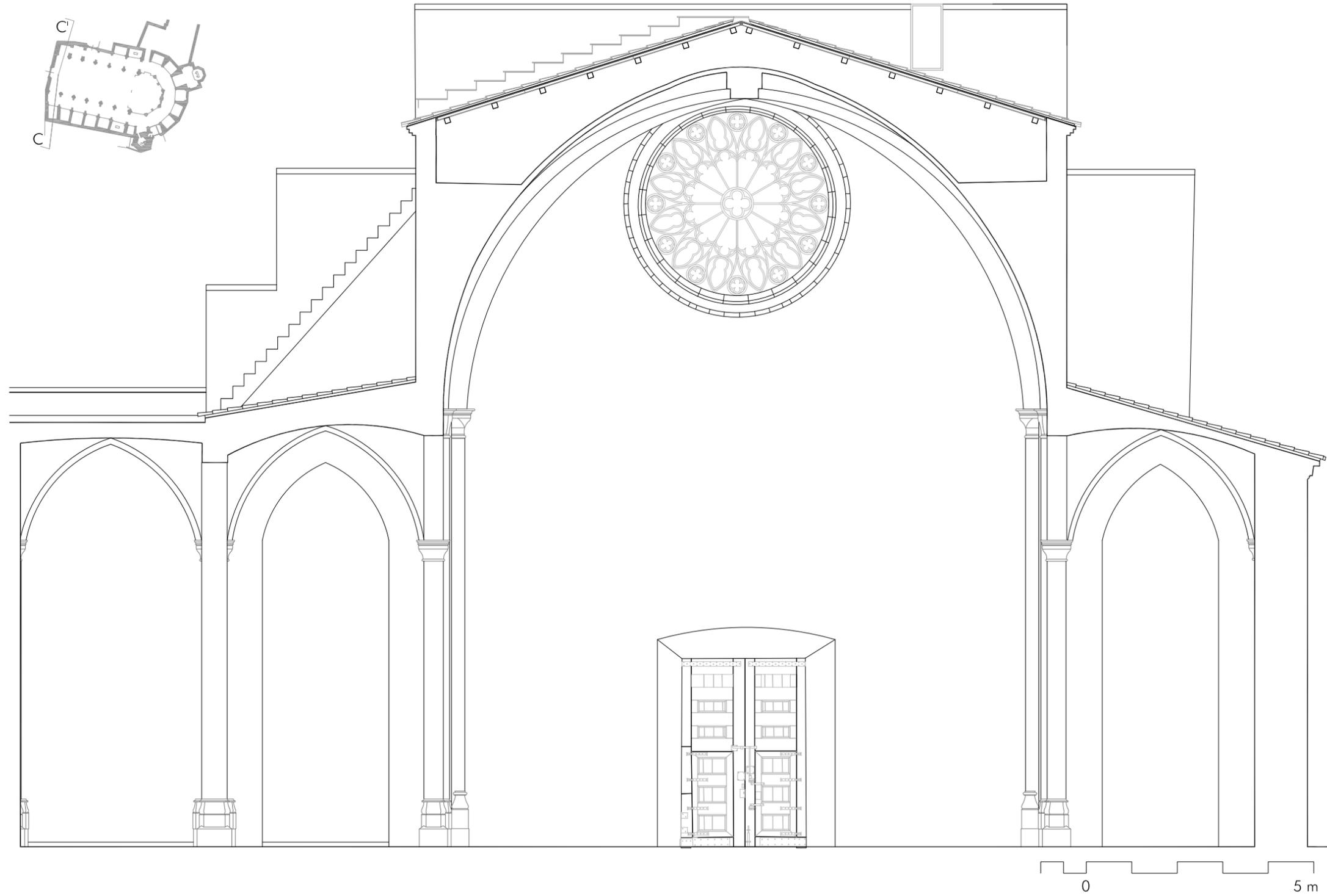


0 5 m

Plano 08_ Sección C-C'

Escala_ 1/100

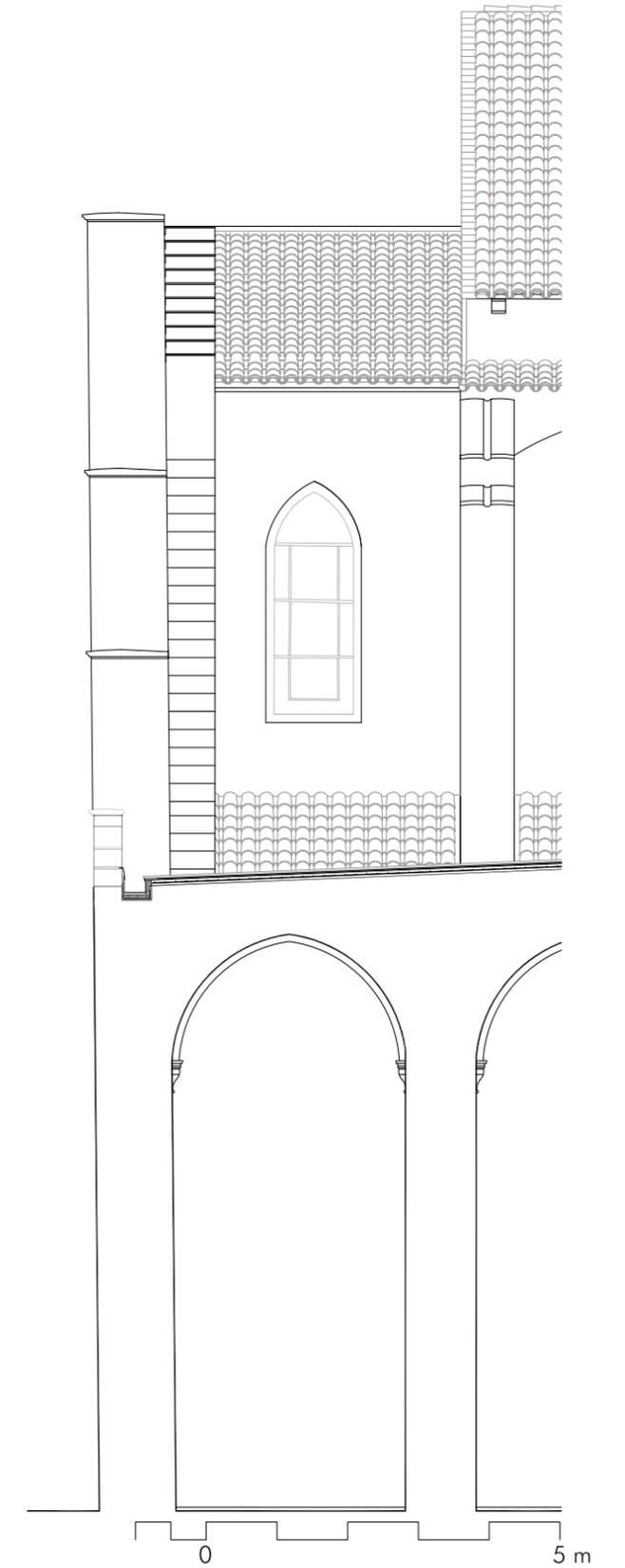
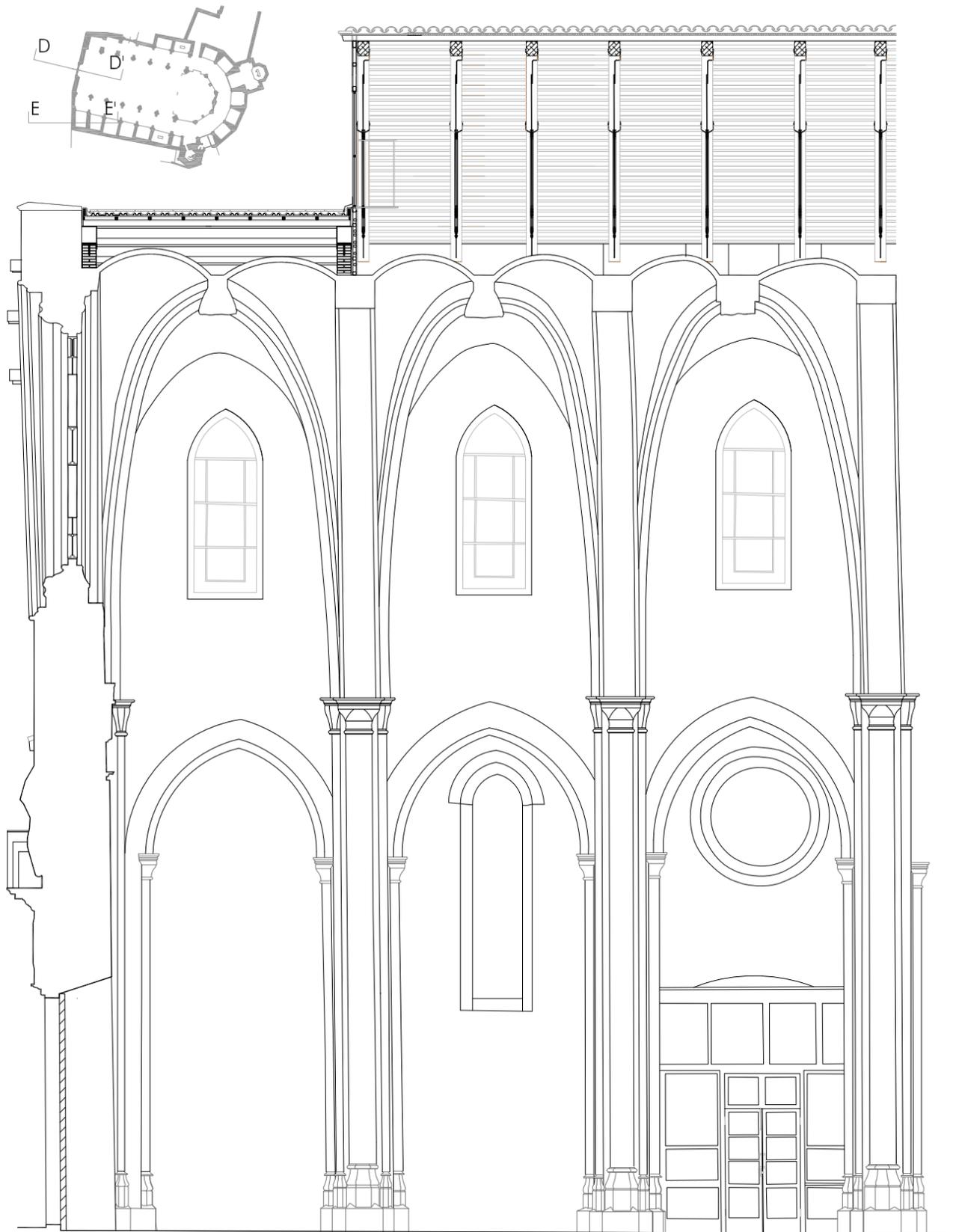
327



Plano 09_ Sección D-D'
Sección E-E'

Escala_ 1/100

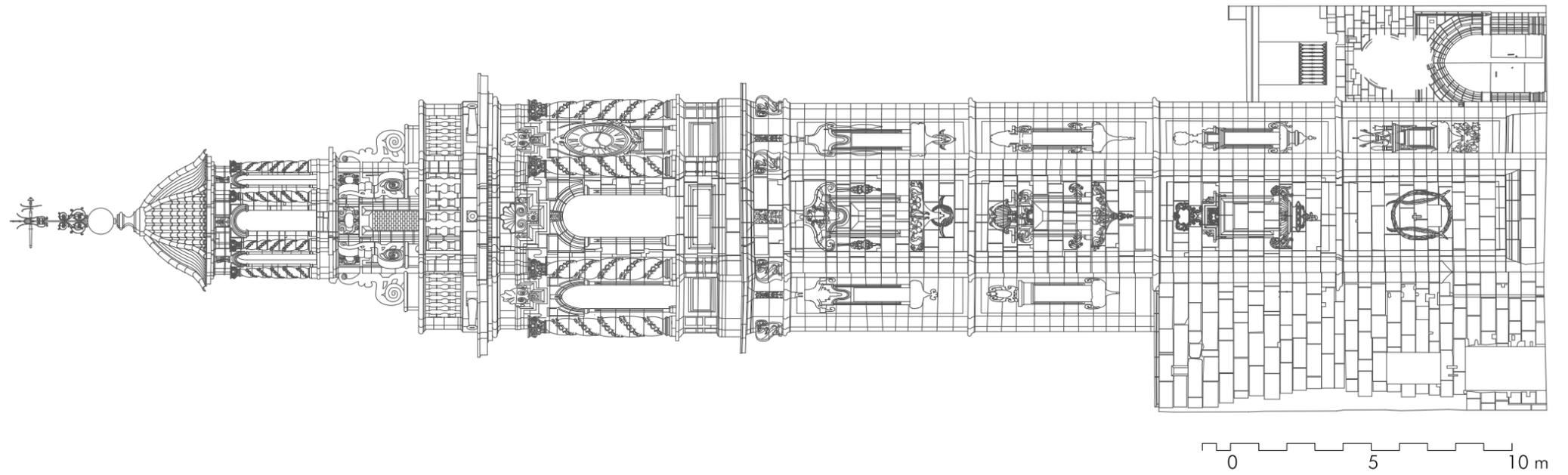
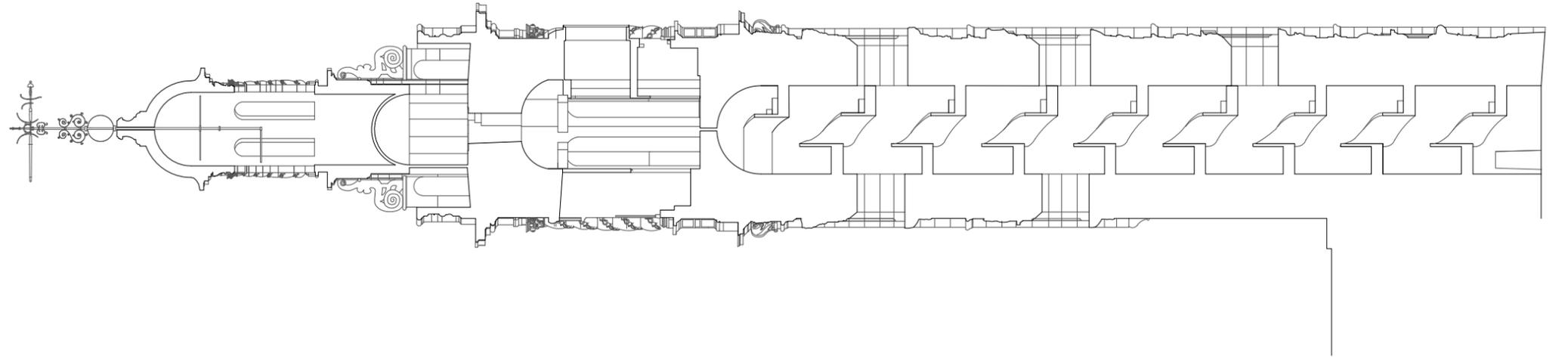
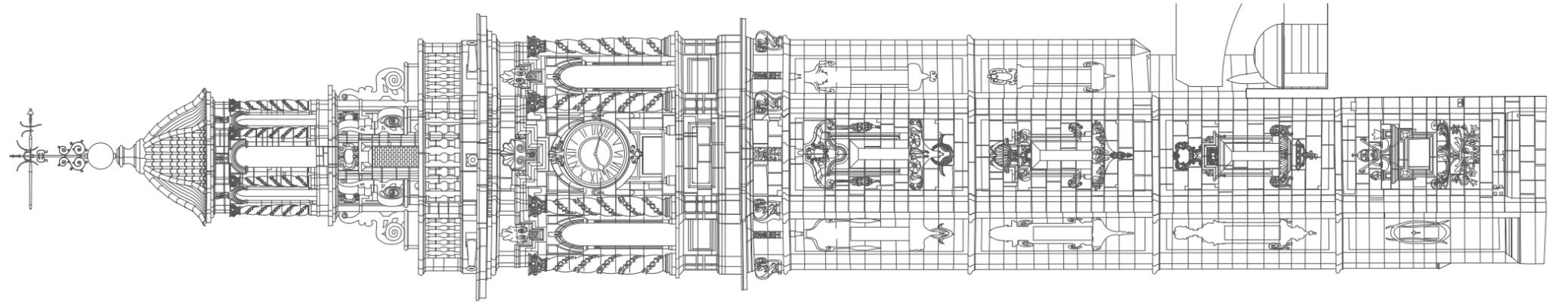
329



Plano 10_Campanario
Alzado Este
Sección transversal
Alzado Sureste

Escala_ 1/200

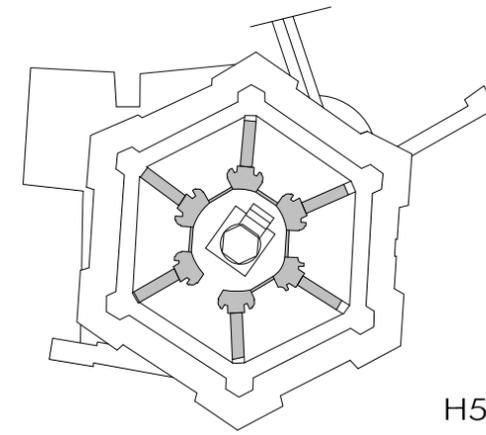
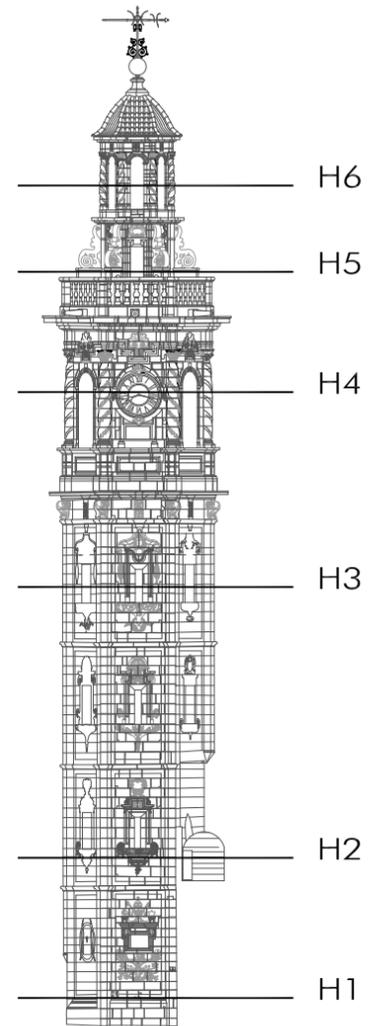
331



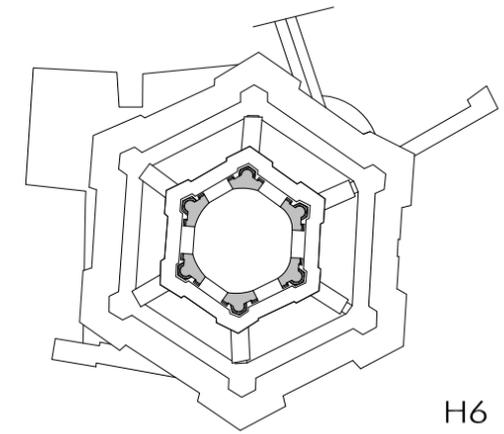
Plano 11_Campanario
Plantas según
distintas alturas.

Escala_ 1/200

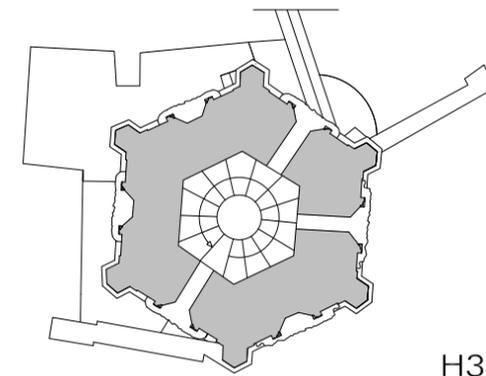
333



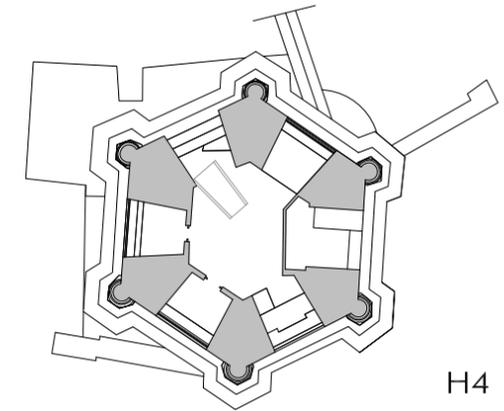
H5



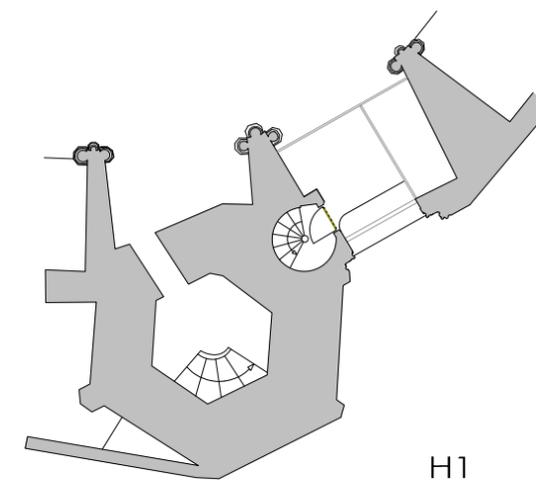
H6



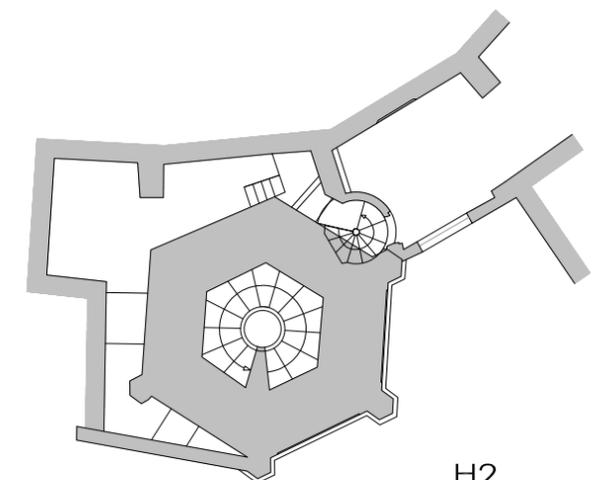
H3



H4



H1



H2

0 5 10 m



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA