

LA LONJA DE VALENCIA A LA LUZ DE LAS TRAZAS DE MONTEA

Juan Carlos Navarro Fajardo

Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la Universidad Politécnica de Valencia

Unidad de catalogación, análisis crítico y promoción del patrimonio

AUTOR DE CONTACTO: Juan Carlos Fajardo: jfajardo@ega.upv.es

RESUMEN: *Los levantamientos gráficos nos suelen ofrecer con precisión la geometría de las bóvedas, pero nunca revelan directamente su forma de producción, constituyen únicamente el punto de partida para poder deducir con certeza las verdaderas trazas y monteas con las que operaban los maestros de la época. A partir de aquí, teniendo como referencia los tratados y libros de cantería, analizaremos y compararemos sus originales diseños. En ese contexto, los estudios del monumento nos han revelado nuevos datos sobre el diseño de los elementos abovedados, que en este artículo daremos a conocer.*

La Lonja de Mercaderes, tan conocida como estudiada por infinidad de investigadores, no deja de sorprendernos aún hoy día. En esta joya del tardo-gótico civil valenciano se alcanzan bóvedas que serán precursoras de los modelos que más tarde, ya en el quinientos, se extenderán por el resto de tierras peninsulares.

PALABRAS CLAVE: bóvedas, trazas, monteas, lonja, Valencia, levantamiento

1. INTRODUCCIÓN

Los últimos estudios llevados a cabo en la Lonja valenciana, tanto por historiadores como por arquitectos, ingenieros, arqueólogos y otros investigadores, han puesto de relieve facetas tales como sus distintas fases de construcción, la nómina de sus artífices y la importancia de su arquitectura, que conjuga el lenguaje tardo-gótico con los primeros detalles importados del Renacimiento florentino. Siempre se ha resaltado la figura del maestro Pere Compte, sucesor del conocido Francesc Baldomar, como principal artífice de su construcción. También se ha profundizado sobremanera en las patologías que sufre la edificación, llevando a cabo rigurosos trabajos que han dado como fruto una cabal y sensata restauración de gran parte de sus revestimientos y fábricas. Las obras de restauración llevadas a efecto durante última década en la Lonja de Valencia han sido promovidas por el Ayuntamiento de Valencia, titular del monumento, proyectadas y dirigidas por el profesor de la Universidad Politécnica de Valencia Manuel Ramírez Blanco.

En cuanto a su representación gráfica la Lonja ha sido dibujada a lo largo de su historia por diversos arquitectos, artistas e historiadores, dando como resultado desde magníficas estampas costumbristas hasta excelentes detalles arquitectónicos. Entre ellos cabe resaltar los de A. de Laborde (Paris, 1811), Antonio Rubio (1807) y Ramón María Ximenez (1890). En las últimas décadas los dibujos, cargados del rigor impuesto por las nuevas tecnologías, han alcanzado un elevado nivel de presentación y perfección. No en vano han servido para la realización de varias tesis doctorales y proyectos de restauración del propio monumento. Entre los dibujos más destacables se encuentran los realizados por el profesor Juan Gómis Igual, dibujos *parlantes* con un grado de detalle fuera de lo común; y, por otra parte, los de Manuel Ramírez, que han puesto de relieve aspectos formales de relevancia para su comprensión constructiva e interesantes hipótesis sobre de las representaciones pictóricas

celestes en las superficies abovedadas. También se ha llegado a relacionar la estructura compositiva de las nervaduras pétreas de la Sala de Contratación con posibles decoraciones policromas de escudos barrados, sirviendo de marco las nervaduras interiores de los tramos (Lara, 2007:135). No obstante, nuestro interés, dando un paso más, se centra en el estudio de los aspectos relacionados con lo más profundo de su diseño: la estereotomía de la piedra.

2. OBJETO

En la Lonja valenciana destacan varios espacios abovedados, el más sobresaliente y popular es el Salón columnario, conocido también como Sala de Contratación por su función original. Unido a esta sala se eleva un cuerpo de edificación, a modo de torre, con tres volúmenes en vertical. La planta baja se destinó a capilla en su día, y el primer y segundo piso se dedicaban a cárcel o calabozo.

La Sala de Contratación, de planta salón o *hallenkirchen*, formada por tres naves a igual altura y cerrada con bóvedas de crucería elevadas sobre columnas helicoidales, será el primero de los espacios objeto de estudio. Las otras bóvedas que analizaremos serán las que cierran los tres pisos de la torre. Dejaremos para otra ocasión la escalera helicoidal de ojo abierto y fina labra, el conocido *caracol de Mallorca*, que se desarrolla para dar acceso a las plantas de la torre. Por consiguiente, la fuente fundamental de nuestro estudio será la propia obra monumental, que nos dará a conocer la definición previa que de ella hizo el maestro constructor, lo que hoy llamaríamos proyecto.

Sabemos que Compte, al igual que el resto de los maestros de su época, definía el trazado general de su obra y plasmaban a escala 1:1 los detalles de la misma: las monteas. En el presente trabajo

trataremos de adentrarnos en una parcela que exige del conocimiento de la historia de la construcción y del control formal de la ejecución. A través del dibujo, situándonos con toda humildad en el lugar del maestro constructor, conoceremos los entresijos del diseño de los elementos más complejos de la Lonja: sus bóvedas. No obstante, nos centraremos tan solo en las trazas y monteas, en el planteamiento general de su diseño, dejando para otro momento el estudio en profundidad de las nervaduras, las plementerías, los pilares, los jarjamentos, las ménsulas y las claves de bóveda de la Lonja, que se pueden estudiar en Navarro (2006). Para analizar con el mayor rigor posible la forma y composición geométrica de las bóvedas se ha procedido en primer lugar al levantamiento gráfico de las mismas. El sistema empleado, los pasos seguidos y los medios utilizados para concretar los dibujos los describimos seguidamente.

3. METODOLOGÍA

El objetivo de nuestro levantamiento gráfico será definir, con la mayor precisión posible, la forma global de las bóvedas, así como el despiece de sus dovelas, para posteriormente llegar a vislumbrar su proceso de diseño y construcción. La idea, pues, consiste en determinar las coordenadas de cualquier punto situado en la superficie de la bóveda objeto de estudio. Para ello se utiliza lo que se ha dado en llamar fotogrametría *convergente*, de fotos cruzadas

o fotogrametría *multiimagen*. Estas acepciones identifican un sistema de fotogrametría gráfica con medios informáticos, que presenta grandes ventajas y pocos inconvenientes para la obtención de resultados satisfactorios en el levantamiento arquitectónico, y que se basa en el conocido principio de que “todo lo que podemos fotografiar lo podremos medir y dibujar”.

El levantamiento gráfico precede al análisis compositivo y formal de las bóvedas, al considerar que el hecho de dibujar la arquitectura con sumo detalle es imprescindible para llegar a su máximo grado de comprensión. De este proceso de levantamiento y posterior análisis surgirán nuevas hipótesis que nos obligarán a su verificación. Partiendo de la base de que nuestro propósito será conseguir un levantamiento gráfico en el menor tiempo posible, por un coste mínimo de medios personales, técnicos y materiales, y con un resultado final satisfactorio para nuestros fines e intereses.

Si tenemos presente que el proyecto de investigación en su conjunto lo componen decenas de espacios abovedados de todo el antiguo reino de Valencia, el trabajo debe buscar la eficiencia ante todo, renunciando a métodos más lentos y costosos. En esta ocasión, las pequeñas diferencias métricas derivadas de la aplicación del sistema no afectan en absoluto al posterior análisis formal de las bóvedas, ya que nuestro interés se centra más que nada en los principios reguladores de su geometría, dejando al margen otras cuestiones derivadas de la métrica perfecta. Pensemos que en muchos casos

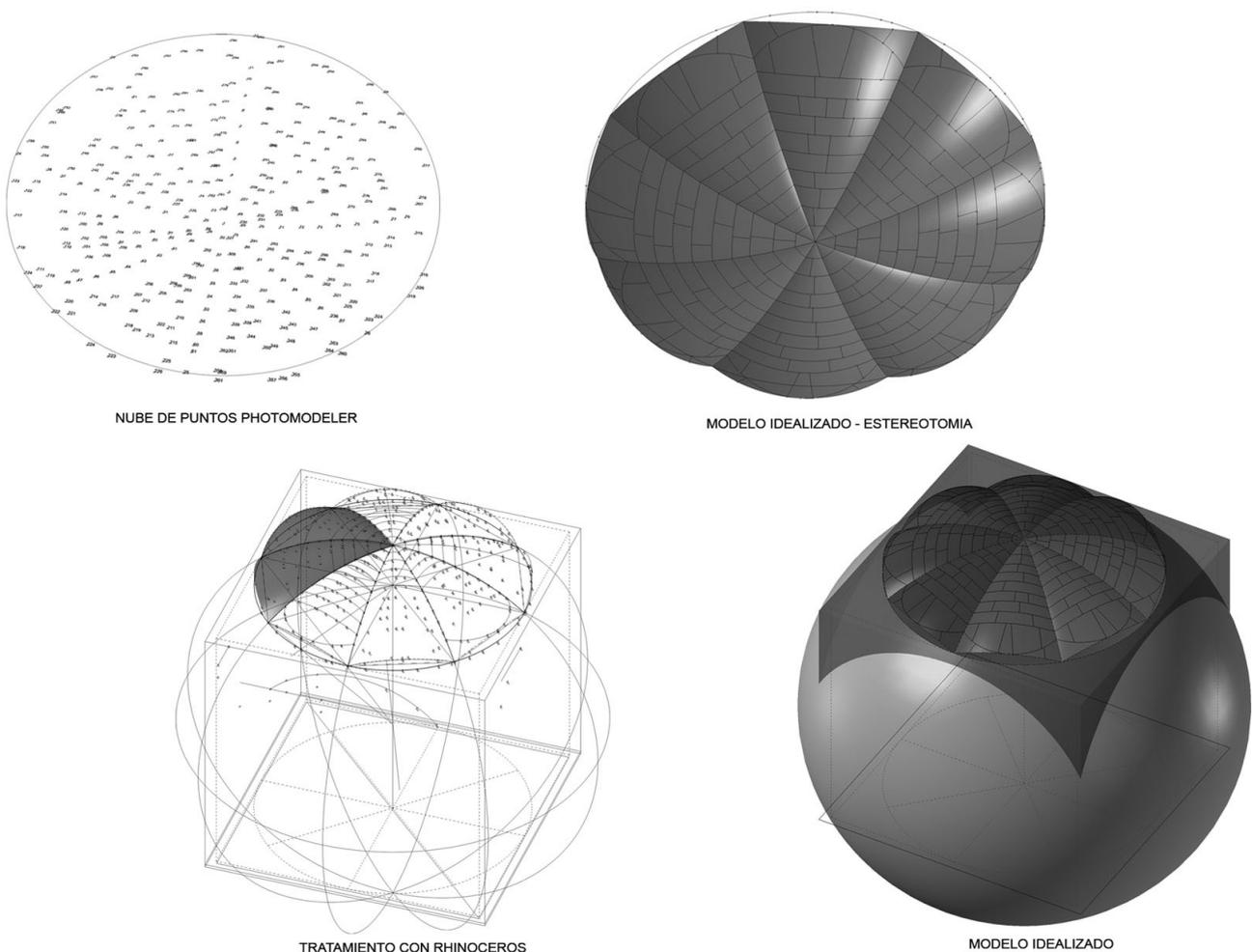


Figura 1. Proceso de dibujo con Rhinoceros

las dimensiones de los elementos, que previsiblemente han de ser regulares, se desvirtúan en el proceso de construcción, y por ejemplo un octógono regular, cuyos ocho lados han de tener la misma dimensión, en ocasiones ninguno de ellos se construye igual que los demás. Ejemplo paradigmático de tipo de irregularidad real es el caso del cimborrio de la catedral de Valencia que, aunque la voluntad del arquitecto era la de elevar en altura un ochavo perfecto sobre trompas, presenta notables diferencias entre sus ocho lados.

A continuación, de forma resumida, veremos con qué medios hemos contado y qué pasos se han seguido para conseguir formalizar de modo eficiente la realidad arquitectónica objeto del proyecto de investigación, aplicado todo ello al caso concreto de la Lonja.

3.1. Toma de datos

3.1.1. Instrumentación

Cámara Réflex digital Canon EOS 400 D.

Cámara Réflex digital Canon EOS 50 D.

Objetivo zoom EF-S 18-55 mm.

Objetivo zoom EF-S 17-85 mm.

Distanciómetro láser Leyca Disto D2.

Material vario: trípodes con nivel, flexómetros, niveles y regles, y material propio de la toma de datos.

3.1.2. Procedimiento

El trabajo se basa en la utilización de cámaras digitales montadas sobre trípode. En esta ocasión empleamos cámaras digitales réflex Canon EOS 400 D y EOS 50 D.

La primera operación que se realiza con las mismas es el proceso de calibración, hoy día bastante rápido y sencillo, que consiste en la toma de 12 fotografías de una cuadrícula plana, con blancos y negros, donde se identifican sus vértices. Tras esta operación, una aplicación informática, en nuestro caso Photomodeler, realiza la operación de cálculo de la distorsión radial. Esta calibración se ha de realizar para cada objetivo y en la posición de máxima y mínima distancia focal, si se trata de objetivos de lente móvil, como es nuestro caso.

El proceso está completamente automatizado al llevar la cuadrícula cuatro dianas codificadas que el programa reconoce. Este es un primer paso para que la aplicación informática reconozca la cámara con la que se está trabajando y calcule su distorsión radial. No obstante, no podemos quedarnos sólo en este nivel, debemos mejorar la calibración con lo que el programa llama "calibración inversa",

que consiste en volver a calcular las ecuaciones de deformación con los puntos introducidos en el modelo que queremos levantar. Para ello tendremos la precaución de introducir un elevado número de puntos repartidos por las fotografías, asegurándonos la fidelidad de los mismos.

Calibrada la cámara estaremos en perfecta disposición de realizar las distintas series fotográficas. Se dispararán fotos cruzadas o solapadas, con la cámara sobre trípode y disparador automático, cubriendo totalmente el objeto y por supuesto con la distancia focal fija, preferiblemente para la que haya sido calibrado el objetivo.

Es importante conseguir la mayor nitidez posible en las fotografías, por lo que resulta imprescindible el uso del trípode, del disparador automático o del temporizador de la cámara. La toma fotográfica la realizaremos desplazándonos en una trayectoria circular alrededor del objeto que pretendemos levantar, procurando que cada punto a referenciar esté contenido en al menos 4 fotografías. Posteriormente, en el ordenador, se orientarán las fotos, localizando los puntos comunes y la aplicación informática realizará los cálculos correspondientes.

Además de la toma fotográfica, se realizan los croquis necesarios para practicar el levantamiento de manera tradicional. Mediante el distanciómetro láser se toman las medidas para luego poder cotejarlas con el levantamiento fotogramétrico y detectar los posibles errores. El levantamiento manual directo como técnica planimétrica de apoyo nos va a servir para pasar a escala en Autocad y Rhinoceros, digitalizar los dibujos, y de ese modo poder realizar una rápida comparación y análisis de la geometría (Ver figura 1).

La medición directa en este caso es la primera que se ha practicado y, dadas las dimensiones y forma de los elementos, se ha podido realizar sin gran dificultad. Se ha empleado un distanciómetro Leyca D2, y fundamentalmente ha servido para localizar las coordenadas de los puntos básicos de las bóvedas.

El dimensionamiento de la planta, la posición de pilares, la situación de las cornisas y capiteles, el arranque de los arcos y aristas y la altura de las claves, se ha realizado directamente con el distanciómetro. La determinación de las curvas de las nervaduras y aristas, se llevará a efecto mediante la fotogrametría multiimagen con el empleo de la aplicación Photomodeler 6, que seguidamente explicaremos.

3.2. Trabajo de gabinete

3.2.1. Instrumentación

Ordenador Pentium Core2duo E8400 4 GB RAM.

Aplicación Photomodeler 6.

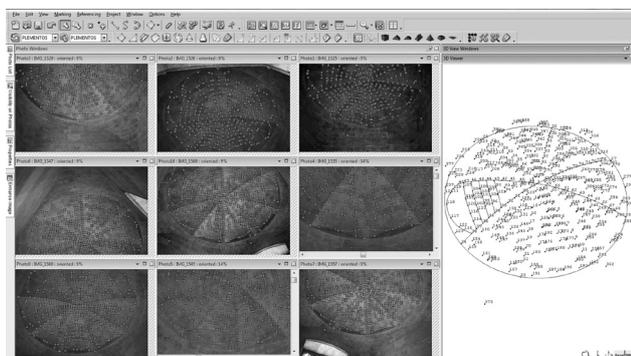


Figura 2. Referenciación de puntos en Photomodeler

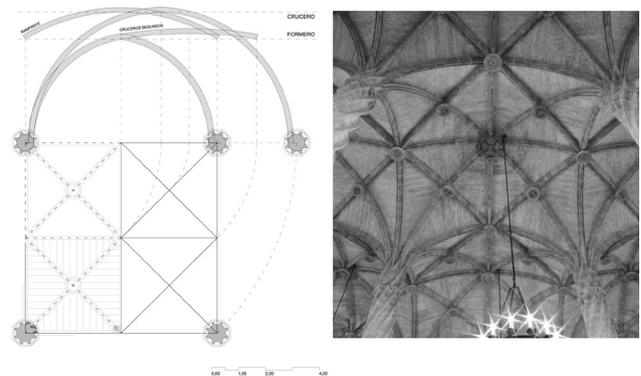


Figura 3. Bóvedas del salón columnario. Trazo y montea

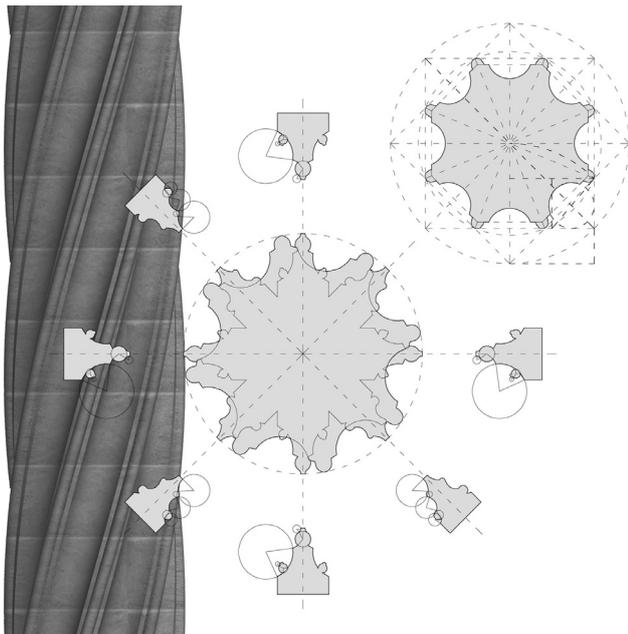


Figura 4. Salón columnario. Plantillas de los jarjamentos y pilar torso

Aplicación AUTOCAD 2010.

Aplicación Rhinoceros 4.

3.2.2. Procedimiento

En primer lugar cargaremos las fotografías en el programa Photomodeler 6, sin realizar ninguna operación previa sobre ellas, dentro del programa ya podremos efectuar los giros y modificaciones necesarias para poder trabajar con las mismas. En segundo lugar se irán referenciando puntos homólogos alrededor de la fotografía para que el programa tenga la mayor información posible. Para marcar los puntos, dada la altura de los elementos a fotografiar, resulta inviable colocar dianas sobre las bóvedas por lo que usaremos las dianas naturales que las propias características del elemento nos proporciona: las juntas entre dovelas, fisuras, y manchas en la piedra, que nos generarán la geometría que podremos usar posteriormente para conocer su forma. Por otra parte, durante el proceso, el programa nos da información en todo momento del error en píxeles que se está cometiendo, permitiéndonos mejorarlo afinando así la precisión del modelo final.

Uno de los problemas de estas aplicaciones es que no son capaces de reconocer las superficies lisas, sin puntos definidos, como pueden ser las superficies de las bóvedas de arista que están enlucidas y no dejan ver las juntas de sus fábricas. En este caso, mediante el empleo de un puntero láser, al que le incorporamos una lente de refracción, proyectaremos una serie de haces de luz sobre la superficie curva, que nos permitirá tomarlos como dianas y poder referenciarlos como puntos. Con el empleo de este recurso, en la fotografías se recogerán los puntos necesarios para poder identificarlos con suficiente claridad en el programa Photomodeler.

El resultado de este método es una nube de puntos que exportaremos al programa de dibujo Rhinoceros (Ver figura 2). Las operaciones de orientación y escala corren a cargo del programa de fotogrametría, aunque también se pueden realizar en el programa de dibujo. Seguidamente procedemos a catalogar cada elemento realizando una serie de tablas donde indicaremos sus longitudes, radios y alturas, lo que nos permitirá posteriormente obtener un dibujo idealizado de la bóveda.

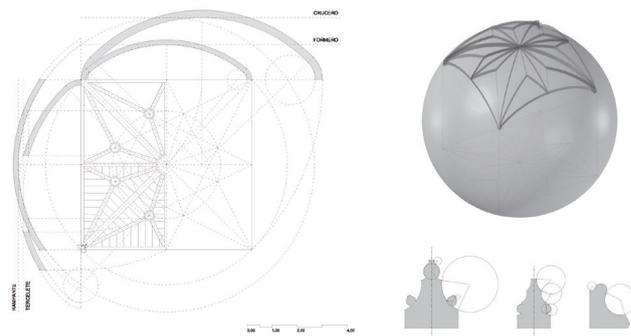


Figura 5. Bóveda de la capilla. Trazas y monteas, plantillas de las nervaduras y modelo idealizado

4. EL SALÓN COLUMNARIO

En primer lugar estudiaremos las bóvedas más sencillas, las basadas en plantas cuatripartitas. El rampante casi redondo de una crucería simple nos lo ofrece la conjunción de cuatro unidades, que cierran los tramos cuadrados del espacio salón, de tres naves y cinco crujeas a la misma altura, en la Sala de Contratación de la Lonja de Mercaderes de Valencia (1482-1498), construida por Pere Compte y Joan Yvarra (hasta 1492), que como veremos más adelante fue modelo precursor en España (Ver figura 3). Su monte se realiza con arcos de cabeza ligeramente apuntados y diagonales de punto casi normal, dando como resultado una bóveda cupulada sin plegamientos. Los cruceros primarios de la bóveda no llegan a cerrarse en medio punto, y alcanzan la clave con un ligero apuntamiento apenas imperceptible. Los segundos cruceros, que son una especie de ligaduras, siguen una traza de escasa curvatura. Toda esta bóveda está sustentada por pilares torsos que se generan en planta por el tradicional giro del cuadrado para proporcionar el nacimiento de los ocho baquetones. La concavidad entre estos baquetones, cuyo radio es la mitad del radio de la circunferencia envolvente de la columna, se traza tangente a los lados del cuadrado generador. El espacio salón que se configura tiene un claro precedente en el contexto de la corona de Aragón en la Lonja de Mallorca (1448) del maestro Guillem Sagraera, aunque existen bastantes diferencias formales en el diseño de los elementos que componen sus bóvedas. Sobre la estructura geométrica de las bóvedas de la Sala de Contratación últimamente se han realizado interesantes hipótesis que llegan a aproximarla a la forma esquifada, y además descubren en su diseño la conocida proporción de oro. También se relaciona la disposición de la plementería con dibujos que el tratadista Philibert Delorme recogería posteriormente en su tratado sobre cantería (Iborra, 2009: 715-717).

La singularidad de esta crucería simple se eleva de rango, y raya lo sublime, al fundirse cuatro unidades en el aire y cubrir así cada uno de los tramos cuadrados del Salón de Columnas de la Lonja de Valencia. Como apunta Gómez (1998: 86), la forma de cubrir un espacio mediante cuatro bóvedas de crucería cuatripartita unidas en una sola era conocida en Europa desde principio del siglo XIII (en la Catedral de Lincoln, en Inglaterra, y en Nuestra Señora de Tréveris, en Alemania), y Peter Parler la reprodujo en la sacristía de la catedral de Praga (1362). En España se utiliza por vez primera en el salón columnario de la Lonja de Valencia, con tramos abovedados trazados por el maestro Pere Compte por el año 1481. Existen otras bóvedas fundidas trazadas en fechas próximas (1482-1493) por Juan Guas para la octopartita en el sotacoro de Santo Tomás (Ávila), con sección apainelada y terceletes. También se funden bóvedas de crucería cuatripartita para cerrar el espectacular espacio del crucero, elevadas en los primeros años del XVI, en la Catedral de Orihuela (Alicante). En este caso se juntan seis bóvedas para estructurar de lado a lado y sin pilares intermedios el crucero. Para completar el repertorio y características de las bóvedas de la catedral de Orihuela véase Navarro (2006b).

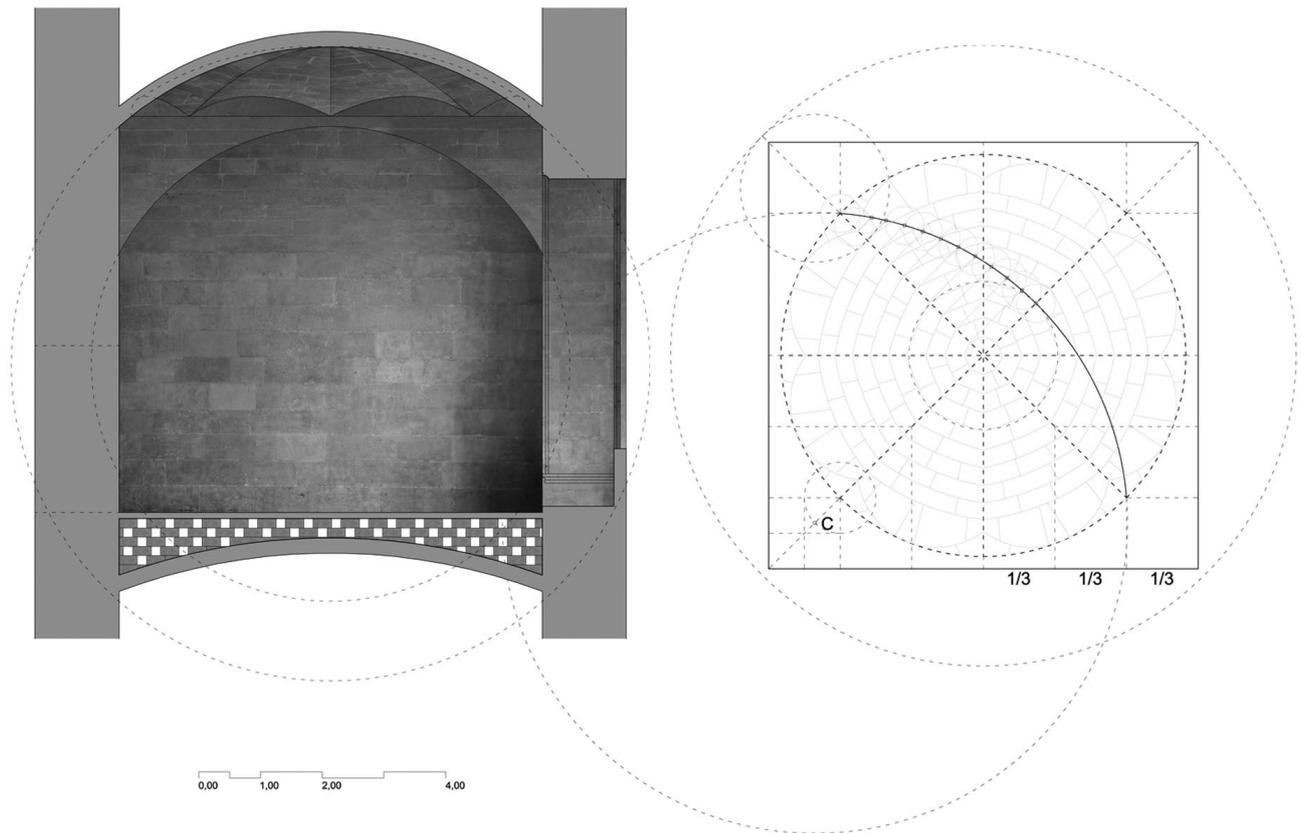


Figura 6. Bóveda del primer piso de la torre. Trazas y monteas

Entre los siglos XV y XVI se elevan el segundo y tercer tramo que completan la nave de la iglesia de Santa María en Ontinyent (Valencia).

El segundo de estos tramos se cubre con bóveda estrellada de terceletes y cinco claves, con cuatro crucerías simples unidas entorno al polo, que por su trazado recuerdan las de la Sala de Contratación de la Lonja valenciana. Formas estrelladas de este tipo también se emplearon en el resto de la península. Un ejemplo de gran similitud con las crucerías de Santa María de Ontinyent es el de las bóvedas de la catedral de Astorga (León), del siglo XV.

Una de las características singulares y de mayor complejidad técnica de la Sala de contratación de la Lonja de mercaderes de Valencia, es precisamente la traza de los jarjamentos de las bóvedas (Ver figura 4). Los conocidos pilares sogueados y torsos superan el nivel de impostas y con su movimiento helicoidal se incrustan en el núcleo de la jarja, desde donde nacen a su vez las nervaduras de la estructura abovedada.

Con todo ello se genera la necesidad de conjugar perfectamente la posición de los dobles tipos de plantillas, por un lado las propias del pilar torso, y por otro las de los arcos concurrentes en el jarjamento. Los lechos se cortan horizontales hasta el punto de embeberse los baquetones en los nervios, que presentan un orden circular en la posición de sus plantillas.

La iglesia de Santiago en Villena (Alicante), edificada en los primeros años del XVI, presenta unos jarjamentos de corte horizontal similares a los de la Lonja de Valencia, sólo que aquí se trata de la simbiosis de un pilar torso con aristas vivas que ascienden helicoidalmente y se pierden en el núcleo de las jarjas, desde donde parten a su vez los nervios de la crucería. De nuevo aparece el juego de las dos plantillas, del pilar y de los arcos, en el seno del jarjamento.

5. LA CAPILLA

En 1486 se cierra la capilla de la Lonja de Mercaderes de Valencia, obra dirigida también por Pere Compte y Joan Yvarra. La planta es estrellada de terceletes, ocho puntas y nueve claves, producto del desdoblamiento de los terceletes con nuevos nervios cortos que no parten de los jarjamentos, sino de las claves de los nervios de cabeza. Esquema similar se reproduce en la bóveda de la sala capitular del monasterio de Simat de la Vall d'igna, recientemente reconstruida.

Las diferencias entre ambas bóvedas tan solo estriban en la monteas de los arcos empleados, en la capilla son de perfil bajo y en la capitular son de medio punto, aun así la mecánica para su trazado no difiere de una a otra. Por otra parte, en otro lugar de la geografía valenciana, encontramos otra traza comparable, el esquema en planta del sotacoro aristado de la iglesia del Monasterio de Corpus Christi en Lluxent, del siglo XV, es exactamente el mismo que el de las crucerías nervadas de esta capilla.

Al tratarse de una bóveda de muy bajo perfil, para evitar que los arcos se introduzcan casi horizontalmente en las jarjas, se trazan arcos apainelados con tres centros, cuyos arcos de extremo elevan el cintrel de la bóveda y producen unos jarjamentos de fina factura. Los arcos rampantes, como es lógico, mantienen la traza de único centro. Los carpñeles empleados no responden a una geometría regular y al uso, tan sólo se proporcionan sus arcos de extremo en razón a la entidad del arco.

De este modo se jerarquizan por orden de importancia y así los cruceros, terceletes y formeros reducen su radio del arco extremo en tercios consecutivos. Lo que quiere decir que el tercelete tiene un tercio menos de radio que el crucero, y el formero a su vez un tercio menos que el tercelete. El lado de la capilla cuadrada mide 6'86 m., igual que las *capillas* de las plantas superiores (Ver figura 5).

Los nervios cortos y rectos que nacen de los arcos de cabeza al convertirse en líneas curvas se les suele denominar pies de gallo en el argot profesional de los maestros canteros del XVI, al menos así les llama Rodrigo Gil de Hontañón. Las monteas de los arcos darán lugar a la formación de una bóveda de rampante totalmente redondo y sin plegamientos. La montea de los terceletes es fruto del giro y posterior abatimiento de la traza en planta del arco de punto normal y las alturas de las claves se calculan elevando los centros al arco monteado, previo giro al plano base. Este tipo de forma estrellada guarda relación con otras bóvedas fuera del ámbito valenciano, como puede ser la de la iglesia parroquial de Buendía (Cuenca), del segundo tercio del siglo XVI.

6. EL PRIMER PISO DE LA TORRE

El primer piso de la torre de la Lonja (c.1491), construido por Pere Compte, se cierra mediante una bóveda aristada gallonada sobre pechinas y de perfil rebajado, al tener arriba otro piso. Su traza tan sólo se aproxima en su disposición en planta a la que Vandelvira denomina "capilla ochavada en vuelta redonda", ya que su montea poco tiene que ver con esta. El espacio es cúbico hasta el inicio de los jarjamentos de la bóveda, que se cubre mediante un clásico sistema de bóveda escarzada sobre las pechinas, que en esta ocasión se resalta formando ocho gajos que configuran la denominada, en ocasiones, *bóveda de paraguas*. Estas pechinas pétreas están consideradas las primeras de su género en la

arquitectura española (Zaragoza, 2000: 87). Su trazado en planta nace de manera singular de una circunferencia que no es tangente al cuadrado base, sino que reduce ligeramente su radio para coincidir con un punto de intersección producto de una división del cuadrante en tres partes, lo que hace que las pechinas suban su curvatura más arriba del plano tangente del círculo generador de las mismas y se incurven ligeramente hacia el interior, generando el anillo de apoyo de los jarjamentos. Estas primeras jarjas, de lecho horizontal, servirán de apoyo al resto de anillos concéntricos de dovelas que se dispondrán con lechos de planos radiales. La intersección del plano de corte horizontal de la jarja con la forma cóncava de la porción o gajo dibujará 8 porciones circulares, que a su vez se cerrarán mediante superficies cilíndricas verticales que unen el anillo de las pechinas con los arcos de embocadura de cada gallón.

La mayor dificultad reside en la definición de cada uno de los ocho paños, ya que no son porciones de superficies esféricas (husos), ni se trata de superficies cónicas o cilíndricas, ni siquiera son superficies regladas, estamos hablando de una doble curvatura generada por la traslación de un arco, que va reduciendo su radio, a lo largo de una directriz curva que viene dada por el cintrel del arco escarzano de la arista. La cara de intradós de cada dovela se determina con la aplicación de dos baibeles, las hiladas se disponen paralelas a los ocho lados de la planta. Los lechos que separan las mismas son planos, y las juntas entre dovelas también, como suele suceder en estos casos, se resuelven planas. Las dovelas del primero al tercer anillo se distribuyen disponiendo en las aristas piezas enteras con distinta longitud a cada lado, y cerrando ambas con una dovela intermedia. Del cuarto anillo a la clave polar,

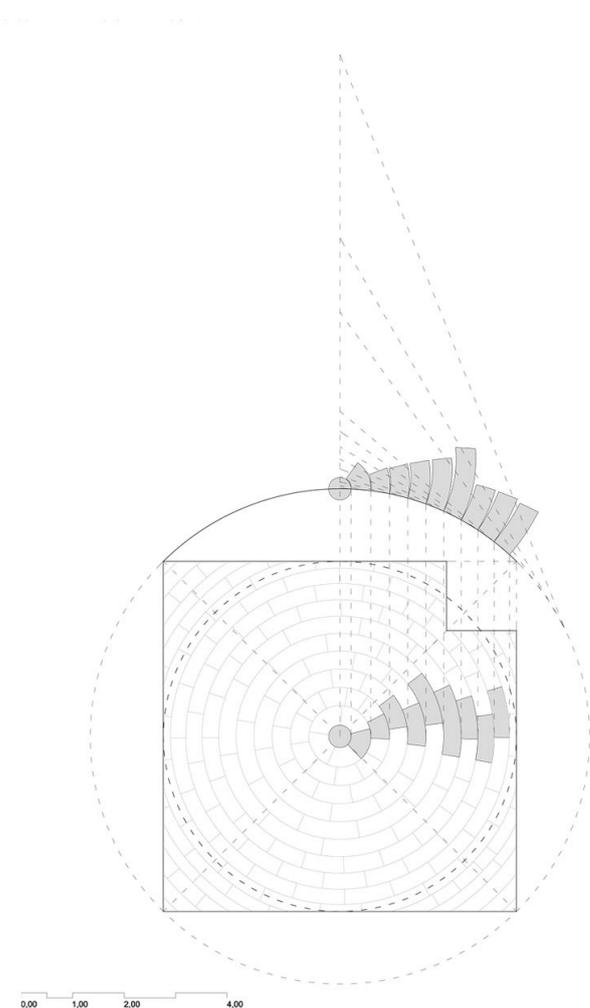
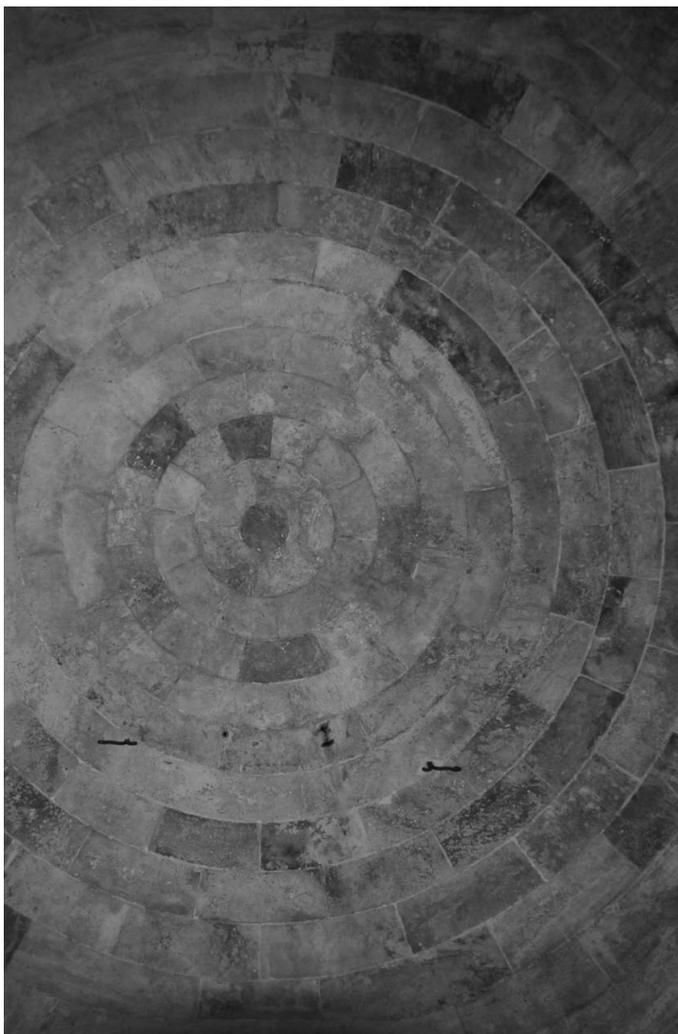


Figura 7. Bóveda del segundo piso de la torre. Trazas y monteas

al reducirse la dimensión, se resuelve la hilada con las ocho piezas de arista sin necesidad de la intermedia. Siempre se procura que no exista coincidencia en las juntas de los sillares de una hilada con respecto a las adyacentes, consiguiendo que estén debidamente trabadas.

En el fondo, la traza responde a una bóveda de crucería radial que, convirtiendo sus nervaduras en finas aristas, cierra los plementos con superficies cóncavas que vienen determinadas por una simple operación de replanteo en dos dimensiones que, por ende, dará la tercera. Se parte siempre del trazado en planta de las aristas de la bóveda. En segundo lugar abatimos una de ellas para tener la curvatura en verdadera magnitud, que será un arco de circunferencia. Seguidamente dividimos la curva en el número de hiladas concéntricas que componen la plementería, en este caso 10. Tomando como centro el punto final de la curva, correspondiente a la polar, trazamos arcos de circunferencia de radio coincidente con cada una de las juntas entre hiladas. Cada uno de estos arcos determina la curva de cada lecho de dovela, generando la progresiva apertura de la misma, ya que partiendo de cero se va abriendo hasta la última hilada de la base. Con este método el maestro puede obtener también, sin ninguna dificultad, cuantas curvas intermedias entre lechos le interese para obtener un corte perfecto. El segundo baibel es constante y está fijado por la curvatura de la propia arista, como ya hemos indicado (Ver figura 6).

Se ha de tener en cuenta que la bóveda de arista y la aristada, son soluciones arquitectónicas utilizadas en la historia de la arquitectura desde el periodo romano, que siguió siendo empleada en el arte bizantino y también, entre otros, en el arte visigodo de la Península Ibérica; y que durante los siglos VII y VIII, I y II de la Hégira, este tipo de bóveda pasó de la arquitectura bizantina y visigoda a la islámica, y a partir de entonces apareció tanto en Oriente como en Occidente en la arquitectura religiosa, civil y militar (Dokmak, 2009: 1).

El tipo de forma gallonada, con curvatura decreciente y directriz curva aparece, pues, con anterioridad en gran variedad de bóvedas de plementos tabicados guiados por nervaduras petras o de ladrillo, y en otras totalmente aristadas de la arquitectura islámica, que cierran muchos de sus espacios mediante bóvedas de 8 y 12 gajos. Uno de los ejemplos más conocidos se localiza en la Puerta de las Armas de la Alhambra de Granada (Nazari, 1314-1325), donde se eleva una bóveda gallonada de planta ochavada sobre trompas nervadas, con una original disposición de nervaduras que nacen al aire en el punto medio de cada lado del ochavo.

En el reino de Valencia existe la coexistencia mutua entre bóvedas de ladrillo y pétreas. Baste citar las bóvedas tabicadas que se construyen rematadas de finas aristas en el claustro de las recordaciones en la Cartuja de Portaceli, las de la lavandería del convento de la Trinidad de Valencia, que se cierra en el siglo XV, o la ya citada del sotacoro del Monasterio de Corpus Christi de LLuchent. Similar tuvo que ser la técnica de replanteo de las tabicadas y pétreas cuando en las bóvedas citadas sus enjarjes se materializan en piedra y a ellos se enlazan perfectamente los plementos tabicados, siguiendo la misma directriz geométrica. Basados en este principio de similitud de replanteo se abre la posibilidad de plantear nuevas hipótesis sobre el origen de las bóvedas aristadas del renacimiento valenciano, que bien pudieron conjugar influencias de origen árabe con la tradición del corte de cantería de la ya consolidada escuela valenciana.

Ejemplos de bóvedas pétreas aristadas en la ciudad de Valencia, que siguen esquemas de lo más variado, son los dos tramos del piso alto de las Torres de Quart, de 1460 (Zaragozá, 1992: 99), del tipo aristado simple con líneas de rampante acusadas, del maestro Baldomar; y la de la Capilla Real del convento de Santo Domingo, del mismo maestro. Sobre el sistema constructivo de sustentación de dovelas de esta capilla Zaragoza sostiene la tesis postulada por Fitchen (1981:182), de elevación concéntrica sin apenas utilización de cimbras o elementos de apeo. Otras aristadas se construyen en la catedral de Valencia, en el pasillo de acceso al Miguelete, que se cubre por parte de Baldomar con dos tramos de estrella de terceletes y uno en triángulo. Estas bóvedas,

que se desarrollan con distintos esquemas geométricos derivados de las bóvedas nervadas, tienen un punto en común que las unifica: la montea de sus plementos. Y en todas de ellas se aplica el mismo sistema para conseguir la curvatura de intradós de la dovela en el sentido transversal a la arista.

Realmente las bóvedas aristadas conservan la tradición gótica en las pautas generales de su diseño, se basan en la geometría plana, pero a su vez introducen lo que es la definición geométrica de cada hilada, de forma precisa y anticipada a su puesta en obra. Los plementos ya no se improvisan directamente en la obra mediante cerchas móviles. Ahora se planifican y cortan con la forma exacta para su correspondiente colocación.

En lo que se conserva del manuscrito de Gines Martínez de Aranda, en el libro de cortes de cantería de Vandelvira y en otros manuales conocidos no aparecen este tipo de trazas. En parte es lógico pues el planteamiento que se hace sigue siendo un planteamiento de trazas de una crucería radial de la cantería gótica a la que se le han introducido las primeras dificultades propias de la renacentista: la labra de las dovelas por hiladas de distinto baibel para producir la concavidad entre las aristas que sustituyen a los cruceros. En el fondo no deja de ser una bóveda de crucería radial, que ha perdido los baquetones convirtiéndolos en finas aristas, y que ha transformado su sencilla plementería en una superficie de doble curvatura en cuya labra reside la importancia y dificultad de su puesta en obra.

7. EL SEGUNDO PISO DE LA TORRE

El segundo piso de la torre de la Lonja (1492), del maestro Compte, está cubierto por cúpula hemisférica o bóveda baída, trabajada con doble baibel y de una perfecta ejecución, apuesta decidida los por nuevos y más complicados cortes de cantería, que implican una cultura gráfica renovada.

El diseño de la cúpula en planta y alzado la realiza Alonso de Vandelvira en su tratado, es una bóveda semiesférica que no puede desarrollarse, prototipo de las trazas renacentistas, en concreto se trata de la “capilla cuadrada en buelta redonda”. En realidad, primero se efectúa el reparto de hiladas en la semicircunferencia correspondiente a la sección meridiana, en este caso rebajada, en concreto se divide en 10 partes, incluida la clave polar.

Al prolongar las líneas de la poligonal inscrita, se corta el eje en los centros de los arcos de circunferencia de cada desarrollo, obteniendo el patrón de la cara de interior correspondiente a cada hilada al que se aplicaría su correspondiente baibel (Ver figura 7). Se trata de reducir el problema de las superficies no desarrollables con los correspondientes conos de revolución inscritos a la esfera, tantos como hiladas, y puesto que los conos son superficies desarrollables se tiene resuelta la labra. Sobre la aplicación de los cortes de cantería de Alonso de Vandelvira es de imprescindible consulta Palacios (1990).

El tipo de despiece asociado a las bóvedas de rampante redondo que originaran las bóvedas baídas o cupuliformes se organiza con hiladas concéntricas, redondas, en torno al polo. Sobre este aparejo casi todos los especialistas se plantean si la bóveda baída es fruto de la evolución de las bóvedas de crucería del siglo XVI o, por el contrario, las de crucería son las influenciadas por las baídas. Sobre este despiece hay que contar con el antecedente de las bóvedas de crucería cupuliformes con aparejo concéntrico de la plementería en Anjou (1150-1250): catedral de Poitiers, Saint Serge de Angers, etc.

El modelo angevino fue estudiado y puesto de relieve por Viollet le Duc y por Choisy, y últimamente ha sido de nuevo investigado por Zaragoza (1996:78). La forma concéntrica, afirman algunos autores, pudo haber surgido con el taller de cantería del Escorial, directamente influenciado por el Libro de traças de Alonso de Vandelvira, auténtico defensor del despiece concéntrico, que le posibilita los óculos centrales en le lugar de las claves polares. Vandelvira dibuja en su tratado estas bóvedas netas

de piedra y las denomina, como ya hemos indicado “capilla cuadrada en buelta redonda” o “capilla bayda”. Y el tratadista francés Philibert Delorme utiliza la denominación “voute spherique” (bóveda esférica) para designar las bóvedas de rampante completamente redondo.

8. CONCLUSIONES

La fotogrametría multiimagen ha resultado un sistema preciso, de fácil empleo y economía de medios (cámaras, ordenador y programa), con el que hemos podido facetar las nubes de puntos, dar coordenadas y medir distancias. De este modo se convierte en el perfecto aliado para reconocer las formas de las estructuras abovedadas y sus más mínimos detalles de despiece. Las tomas de datos son rápidas y ágiles, ahorrando tiempo y dinero al aplicar su sencillez metodológica a mediciones masivas. El levantamiento de decenas de bóvedas con estaciones totales, aparte de poco operativo en nuestro caso, resultaría hoy día inviable económicamente por la cantidad de medios materiales, técnicos y personales que se tendrían que emplear.

Estos últimos levantamientos gráficos de los sistemas abovedados de la lonja de Valencia han servido para poder conocer con todo detalle la forma y por ende la gestación, diseño y corte de los elementos pétreos. El corte de dovelas de las formas cupuladas exige de la aplicación de dos baibeles en cada superficie de intradós. Esta técnica, propia de la *estereotomía moderna*, se aplica en los patrones de las bóvedas de la torre de La Lonja de manera anticipada a su tiempo, siendo, por consiguiente, modelo precursor en la arquitectura de ámbito hispano, cuya presencia en la Lonja le otorga un valor excepcional que, sin solución de continuidad, se impone sobre la tradición de la cantería gótica mediante la aplicación de nuevos procedimientos gráficos.

NOTAS ACLARATORIAS

El presente trabajo forma parte del proyecto de investigación “Trazas y moneas de la arquitectura. Bóvedas del renacimiento valenciano”, referencia HAR2009-13684, del Plan Nacional I+D+i, Ministerio de Ciencia e Innovación, del que es investigador principal el autor. En la toma de datos y la realización de los correspondientes dibujos por ordenador ha colaborado Jorge Martínez Piqueras, técnico de investigación del citado proyecto, adscrito al Instituto de Restauración del Patrimonio de la Universidad Politécnica de Valencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Dokmak, A. (2009): “La utilización de las partes de la bóveda de arista en la arquitectura islámica y mudéjar en Al-Andalus, norte de África y Sicilia” en *Anales de Historia del Arte*, 19, 7-42.
- Fitchen, J. (1981): *The construction of Gothic Cathedrals. A Study of Medieval Vault Erection*, The University of Chicago Press, Chicago.
- Gómez, J. (1998): *El gótico español en la Edad Moderna. Bóvedas de crucería*, Universidad de Valladolid, Valladolid.
- Iborra, F. (2009): “Consideraciones sobre la geometría y el trazado de las bóvedas de la Sala de Contratación de la Lonja de Valencia”, *Actas del sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Valencia, 21-24 de octubre de 2009, Instituto Juan de Herrera, Madrid, 711-720.
- Lara, S. (2007): *Las seis grandes lonjas de la Corona de Aragón*, General de Ediciones de Arquitectura, Valencia.
- Navarro, J. C. (200): *Bóvedas de la arquitectura gótica valenciana. Traza y monea*, Universitat de València, Valencia.
- Navarro, J. C. (2006): “Bóvedas góticas de la catedral de Orihuela (Alicante)”, *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica (EGA)*, nº 11, 148-155.
- Palacios, J. C. (2003): *Trazas y cortes de cantería del Renacimiento español* (2ª edición), Editorial Munilla –Leria, Madrid.
- Zaragoza, A. (1992): “El arte del corte de piedras en la arquitectura valenciana del cuatrocientos. Francesc Baldomar y el inicio de la estereotomía moderna” en *Primer Congreso de Historia del Arte Valenciano (Actas)*, Generalitat Valenciana, Valencia, 97-104.
- Zaragoza, A. (2000): “Modos de construir en la Valencia medieval: bóvedas”, en *La Historia de la Ciudad. Recorrido histórico por la arquitectura y el urbanismo de la ciudad de Valencia*, Colegio Oficial de Arquitectos de la Comunidad Valenciana, Valencia, 76-88.
- Zaragoza, A. (1996): “El arte de corte de piedras en la arquitectura valenciana del cuatrocientos: Pere Compte y su círculo”, en *El Mediterráneo y el Arte Español (Actas del XI Congreso del CEHA)*, Generalitat Valenciana y Ministerio de Educación y Cultura, Valencia, 75-84.

English version

TITLE: *Valencia's Silk Exchange In The Light Of Stonemasons' Full-Scale Working Drawings*

ABSTRACT: *Graphic surveys tend to give an accurate geometry of vaults, but never directly reveal the way these were made. They are thus only useful as a starting point to deduce with any certainty the real designs and full-scale working drawings used by the master craftsmen of the age in their work. From this point, taking the treatises and books on stonemasonry as a reference, their original designs will be analysed and compared. In this context, the studies of the monument have brought new data to light on the design of vaulted items, which will be made known in this article.*

The Silk or Merchants' Exchange, as well-known as it is studied by countless researchers, does not cease to surprise us even today. This jewel of Valencia's civil late gothic period contains vaults which would be precursors for the models which would spread all over the Peninsula later on, in the fifteen hundreds.

KEYWORDS: *Vaulting, designs, Full-scale working drawings, Silk Exchange (Lonja), Valencia, Survey*