

## LA BÓVEDA POR CRUCEROS Y COMBADOS DE DIEGO DE RIAÑO EN LA IGLESIA DE SANTA MARÍA DE CARMONA<sup>1</sup>

Eduardo Acosta Almeda<sup>2</sup>

Universidad de Sevilla

---

### Resumen

Este texto tiene como objetivo dar a conocer los procesos de diseño y construcción de la bóveda por cruceros y combados construida por Diego de Riaño (†1534) en la Iglesia prioral de Carmona. Este tipo de bóvedas es una evolución de la técnica constructiva basada en principios medievales, como son las bóvedas de crucería y plementos, pero de resolución formal renacentista. Se trata de una tipología que a nuestro entender refleja la coexistencia en la Andalucía de la primera mitad del siglo XVI de dos lenguajes distintos que Riaño adapta de manera ecléctica según la situación o su finalidad. El estudio se abordará en primer lugar mediante un levantamiento fotogramétrico para la obtención de un volumen tridimensional con texturas, para, seguidamente, realizar un análisis sobre cómo la resolución constructiva se adapta a las nuevas reglas compositivas y geométricas.

### Palabras Clave

ARQUITECTURA TARDOGÓTICA, TÉCNICA CONSTRUCTIVA, BÓVEDA POR CRUCEROS, CONCEPCIÓN ARQUITECTÓNICA, DIEGO DE RIAÑO.

### Abstract

The aim of this research is to work out the relation between the design procedure and the building methods in Diego de Riaño's (†1534) crossing vault

---

<sup>1</sup> Este trabajo se enmarca en el Proyecto I+D “Diego de Riaño, Diego Siloe y la transición del Gótico al Renacimiento en España. Arquitectura y ciudad: Técnica, lenguaje y concepción espacial” (HAR2016-76371-P).

<sup>2</sup> Arquitecto, máster en Peritación y Reparación de Edificios, doctorando en Arquitectura en la Universidad de Sevilla. Email: eduacoalm@alum.us.es.

in the Great Church of Carmona (Seville). These kind of vaults are a break down of the experimental practice of the Gothic legacy, like the stone ribbed vaults with masonry webbing, but with a classical appearance. In our opinion, these enclosures reflect the coexistence of two distinct architectural languages in the first half of the 16th century in Andalusia, that Riaño adapts in an eclectic way depending on the situation. The study focuses on a photogrammetric survey in order to obtain a high-quality 3D textured model, followed by an analysis of how the new geometry and symbolic rules transform the building methods.

### Keywords

LATE GOTHIC ARCHITECTURE, CONSTRUCTIVE TECHNIQUE, STONE RIBBED VAULTS, ARCHITECTONIC DESIGN, DIEGO DE RIAÑO.

### Contexto

La Iglesia de Santa María de la Asunción (Carmona) es una gran edificación por la que han pasado numerosos maestros a lo largo de su dilatada historia constructiva. En la década de los ochenta del siglo XVI se comenzaría por los pies la construcción de una iglesia de tres naves con capillas colaterales y según un esquema basilical. La antigua mezquita sobre la que se levanta el templo, y de la que aún podemos observar un vestigio en el patio de los Naranjos, se iría derruyendo a medida que avanzaban los trabajos. Bóvedas de crucería simple apoyadas sobre pilares fasciculados cubren el espacio de los primeros tres tramos (Ampliato Briones y Rodríguez Estévez 2017, 180 y ss.).

Tras más de un maestro y varios infortunios – el terremoto de Carmona de 1504 y la caída del cimborrio de la catedral hispalense, en 1511 –, la obra volvería a tener un rumbo concreto hacia 1528, con la aparición de Diego de Riaño. Como arquitecto del arzobispado, el maestro se encargaría de trazar el espacio desde el crucero en adelante (Ampliato Briones y Rodríguez Estévez 2017, 207 y ss.). Así, para esta nueva mitad, bóvedas de crucería con terceletes y combados se entrelazan de forma compleja, completando el conjunto edilicio de la Iglesia prioral de Carmona.

Al este y junto a la capilla mayor se construyó la sacristía de la iglesia, con su acceso desde una antesala que ocupa el lugar de una capilla abierta,

la antesacristía<sup>3</sup>. Ambos espacios, sacristía y antesacristía, se cerraron con bóvedas *a lo romano* de losas que apoyan en nervios cruceros de traslación. Sin embargo, esta última será la que reclame la atención de nuestro trabajo, pues su malla ortogonal de nervios se complejiza por la singular introducción de un óvalo y una flor de combados, en lo que ha venido en llamarse “bóveda por cruceros combados” (Natividad Vivó 2017, 243).

Las bóvedas por cruceros se dieron con profusión en el sur peninsular desde 1520, provenientes del mundo clásico, donde se construían en sillar y posteriormente en ladrillo o yeso. Eso chocó frontalmente en Andalucía, donde la piedra y la práctica estereotómica serían el recurso por excelencia para materializar las nuevas ideas. Promovidas y sufragadas por un emperador, Carlos V, y un cabildo catedralicio muy culto (Lleó Cañal 2012, 24 y ss.), hicieron de Andalucía punta de lanza de la Edad Moderna en la Península, por delante incluso de focos como Burgos y Toledo.

A la vista de la cantidad de bóvedas por cruceros que construyó Riaño en el primer tercio del siglo XVI, unas baídas y otras de traslación, con mayor o menor fortuna en su ejecución, podríamos deducir que este modelo suponía un verdadero quebradero de cabeza. Algo que parece del todo coherente, si pensamos que la técnica, de raigambre medieval, estaría siendo adaptada a un nuevo diseño formal y produciendo, seguramente, desajustes. Esta es la hipótesis del presente trabajo sobre el espacio de la antesacristía de Santa María de Carmona.

## Metodología

La metodología surge de la necesidad de realizar un levantamiento que permitiera recabar datos sobre estas irregularidades – movimientos de los nervios, juntas constructivas, encuentros, etc. – y que al mismo tiempo recogiese información sobre la materialidad. Gracias a la técnica de la fotogrametría SfM (Structure from Motion), y a un levantamiento previo mediante estación total, obtuvimos un modelo tridimensional texturizado y de gran precisión (fig. 1).

El método fotogramétrico más eficaz para este tipo de espacios es el levantamiento circular cerrado (Fassi *et al.* 2015, 88). De esta forma se evitan

---

<sup>3</sup> Podría ser que la sacristía hubiese contado en algún momento con una entrada desde el testero norte de la epístola, puesto que en la sacristía podemos observar un arco cegado. Hoy en día, dicha puerta la ocultaría el retablo de la *Virgen de la Antigua*.

errores en el procesado, como fallos de orientación interna y áreas en sombra. La resolución del sensor y la distancia de captura entorno a 10 m aseguraban un GSD (Ground Sample Distance) menor a 5 mm<sup>4</sup>. Las imágenes se tomaron con una superposición entre tomas correlativas del 75-80 %, haciendo especial hincapié en las zonas bajas de la bóveda, donde la geometría es más pronunciada. La cámara réflex se configuró para obtener la mejor calidad de imagen, a pesar de las pobres condiciones lumínicas de la antesacristía<sup>5</sup>. Para obtener una gran profundidad de campo y evitar áreas desenfocadas, se disparó usando la distancia hiperfocal.

Las fotografías se introdujeron en el programa en formato JPEG<sup>6</sup>, retocadas previamente para mejorar las zonas en sombra y el contraste general. Orientadas las cámaras y obtenida la nube dispersa de puntos, ésta se hizo coincidir con la nube georeferenciada de la estación total, que escaló y orientó el modelo. A continuación, se obtuvo una malla densa, a la que se adhirieron las texturas fotográficas. Aquí resultan fundamentales las características del ordenador, puesto que el proceso de texturizado puede multiplicar varias veces el tamaño del archivo final.

Por último, la malla se seccionó en Rhinoceros por los lugares donde interesaban y se exportaron como dibujo 2D a Autodesk AutoCAD, donde se elaboraron los planos.

## Traza

El espacio de la antesacristía habría comenzado a construirse en algún momento de la década de los treinta y a partir de un pie forzado: la distancia

---

<sup>4</sup> Finalmente, hubo que llegar a un equilibrio entre el número de capturas, el tamaño de archivo y el tiempo de procesado, supeditado por las características del ordenador. El resultado fue una precisión de 2 cm, obtenida de 120 imágenes y un tiempo de procesado cercano a una hora.

<sup>5</sup> Para evitar la trepidación y cualquier movimiento involuntario, la cámara, una Nikon D5300, se montó sobre un soporte y se utilizó un disparador remoto. Se consultó el rendimiento del objetivo, un AF-S NIKKOR 18-55 mm 1:3.5-5.6G, en los gráficos MtF proporcionados por la marca. Se comparó este dato de la apertura junto con el “punto dulce” del objetivo y se estableció un valor de f8 para todas las tomas. La distancia focal elegida fue 50 mm (35 mm equivalentes) y el valor ISO más bajo, 100.

<sup>6</sup> Exportadas del archivo DNG con Adobe Camera RAW, puesto que hemos comprobado que ofrece mejores resultados que el procesado interno de la cámara.

entre el muro medianero a la nave y el de fachada a la calle. Atestigua este hecho el que exista una decoloración a modo de zócalo por el exterior y una falta de trabazón de los muros perpendiculares a éste, lo que podría suponer que la medianera estaría en parte levantada. La proporción 6:8 está en sintonía con el resto de bóvedas perlongadas diseñadas por Riaño y con la bóveda perteneciente al tercer tramo central, construída por el maestro Alonso Rodríguez en Santa María de Carmona (Ampliato Briones y Rodríguez Estévez 2017, 201). Por tanto, la bóveda habría respetado el ancho marcado por el muro de la nave y de fachada y se habría construido desde los pies, puesto que la medianera con la sacristía no está a eje con el estribo, si no que ésta se regruesa para adaptarse a la proporción sesquitercia (fig. 2).

Una vez enmarcado el perímetro de la bóveda, la traza se rigió por una cuadrícula ortogonal, coincidente con los ejes de los nervios. Si bien los crueros longitudinales resultan de subdividir la anchura en seis partes, el largo no son ocho, como cabría esperar, si no siete, una medida que parece tomada deliberadamente para evitar que los casetones fuesen cuadrados. Con esta independencia entre medidas, los vacíos entre nervios aparecen ligeramente rectangulares, dando la sensación de que la bóveda es más cuadrada. El mismo gesto lo encontramos en la figura del óvalo<sup>7</sup>: se trata de un círculo alargado que diluye el sentido longitudinal de la bóveda.

Para conseguir el diseño de la flor conopial, aparecen de forma reiterada cuatro puntos cardinales en la retícula, desde los que se trazarían todas las líneas auxiliares para el dibujo de los combados. Esto es así en todos los nervios de doble curvatura, salvo en los “picos de gallo”, que estarían hechos por tanteo y ajuste, dado que sus centros no coinciden con la malla ortogonal.

## Montea

Si dividimos el ancho de la bóveda en 7 partes y tomamos 10, obtenemos que la altura de la línea superior de la cornisa, que recorre a modo de cinta la bóveda, está en un rectángulo muy usado por su proximidad a raíz de dos (Ruiz de la Rosa 1988, 115). En las esquinas, la cornisa acoge cuatro motivos en ménsula y queda cortada bruscamente a su paso por la embocadura, un gesto con el que los maestros tardogóticos no tenían problema

---

<sup>7</sup> Su trazado se adaptaría perfectamente al método cuarto para la construcción de óvalos, según Serlio.

alguno (Rabasa Díaz y López Mozo 2016, 502). Resulta curioso observar cómo, en el frente que separa la nave, la cinta se interrumpe de manera asimétrica (fig. 3, izquierda). Un lado es más largo que el otro para salvar, visualmente hablando, la excentricidad entre el centro de la bóveda y el arco de embocadura, que nos habla de nuevo de un meditado control espacial (figs. 2 y 3).

Lo siguiente en levantarse serían los arcos formeros, que son arcos de tres centros. Comenzando por el formero longitudinal, se traza un arco cuyo intradós es tangente a la última rosca de ladrillo del arco apuntado. El centro de este formero aparece en el nivel de la solería, pero seguramente sea una mera casualidad, ya que la solería original del templo podría estar unos centímetros más abajo. El cambio de curvatura del arco se produce en la intersección del nervio crucero y, como vemos, resulta un arco peraltado. La construcción del formero transversal es similar al longitudinal y podría derivar de éste, pues los radios de ambos están en una proporción sesquiáltera (fig. 3, derecha).

Veamos ahora cómo se conformaría la red de cruceros por traslación, una cuestión para nada sencilla, puesto que los nervios realizan dos movimientos de giro para llegar a su sitio. Supongamos, para exponerlo de forma clara, que cada eje de nervio estuviese contenido en un plano perpendicular a su altura (fig. 4, izquierda). Primero, los nervios longitudinales se trasladarían usando los formeros transversales como directriz de giro, hasta alcanzarem los ejes marcados por la retícula. De esta forma, el plano queda inclinado con respecto al suelo, por lo que en un segundo movimiento éste volvería a girar para quedarse vertical, logrando así nervios “revirados”.

Trazados los cruceros longitudinales, y al no ser una bóveda baída por el efecto de la traslación, los transversales no podían seguir una directriz curva. Es decir, cada tramo del arco transversal se tenía que ir adaptando a la altura que iban marcando las crucetas (fig. 4, derecha). De esta forma, mientras que los nervios longitudinales estarían tallados usando la misma plantilla y baivel, los transversales serían nervios “empíricos”. La bóveda resultante es, por tanto, pseudo-esférica, y esto desencadenaría en problemas técnicos no previstos (Natividad Vivó y Calvo López 2012, 330 y ss.), de los que no sabemos hasta qué punto era consciente Riaño.

Pese a la evidente complejidad que entraña la desigual construcción de sus nervios, la decisión de hacer los longitudinales circulares y adaptar los transversales parece la solución más racional. En primer lugar, porque los cruceros transversal, al teneren menor desarrollo, resultarían más sencillos

que se fueran adaptando a la geometría de los longitudinales. Y, segundo, las bóvedas por cruceros necesitan de otras bóvedas para contrarrestar los esfuerzos horizontales (Palacios y Bravo 2013, 90), de ahí que sean los nervios longitudinales, comprimidos en ambos extremos por las bóvedas de la sacristía y de la Capilla de San José y San Bartolomé, los que se construyan mediante una geometría continua.

Es interesante mencionar las jarjas: los extremos de los formeros mueren buscando la vertical de las esquinas como si debajo tuvieran un pilar. Sin embargo, creemos que esto sería un recurso meramente formal, puesto que los arcos formeros estarían descansando en gran medida sobre los gruesos muros de ladrillo que cierran el espacio de la antesacristía. Despojadas de su sentido estructural, las jarjas estarían siendo entendidas aquí como una reminiscencia medieval, en pos de una apariencia “protorrenacentista”. Esta dicotomía del lenguaje estaría presente, además, en el molduraje de los nervios, que siguen usando una sección triangular y molduras *a lo moderno*, parecidas a las que encontramos en la nave, y en los combados, piezas carentes de sentido estructural (Gómez Martínez 1998, 90 y ss.) que complejizan enormemente la talla de las crucetas, llegando a intersecar hasta 8 nervios.

### Irregularidades

Gracias al modelo fotogramétrico, se señalaron las juntas de piedra que quedaban visibles entre las capas de pintura y de mortero de reparación (fig. 5). Por la inclinación de las juntas, hacia el centro geométrico del arco, podemos constatar que la bóveda se habría construido comenzando con unas cimbras sobre las que se irían apoyando los nervios hasta llegar a la clave, para terminar colocando las piezas de plementería entre ambos. El montaje de los nervios sigue un sistema de dovelas con crucetas intermedias, sin que haya una dirección principal en los brazos de las crucetas, modelo que supondrá una mejora en el encaje geométrico (Bravo Guerrero 2011, 165). Los brazos de las crucetas tienden a ser simétricos, aunque el despiece es irregular, puesto que no se desecharía ningún bloque de piedra en la cantera.

En general, la bóveda no presenta grandes problemas técnicos, habiendo sufriendo unos ligeros hundimientos locales que bien podrían entrar dentro de la normalidad constructiva: problemas de replanteo, asientos diferidos, etc. (fig. 5, izquierda). Sin embargo, el análisis de las desviaciones horizontales revela lo que podría ser una dificultad geométrica no prevista. Existen dos

nervios longitudinales que superan los dos centímetros<sup>8</sup> de desviación en toda su longitud (fig. 5, derecha). Son los nervios que intersectan al formero en su punto de cambio de curvatura. El sentido del desplazamiento también revela una pauta similar: el movimiento de ambos es hacia el centro de la bóveda. El problema estaría en la geometría de la pieza que conforma la dovela del formero y el arranque del longitudinal. Los cruceros parecen estar desplazados para impedir que el desarrollo de su molduraje sobrepase el punto de curvatura (fig. 6, izquierda-abajo).

En esta misma línea, las secciones de los cruceros y los formeros parecen evidenciar la inexactitud entre el planteamiento teórico y la realidad constructiva. El crucero central, teóricamente inscrito en un rectángulo regular, será el que presente una mayor continuidad entre encuentros. Sin embargo, a medida que nos movemos hacia los extremos de los formeros la desconexión es más acusada. La misma resolución presentan otras bóvedas de Riaño, como la del Arquillo del Ayuntamiento de Sevilla (fig. 6, izquierda-arriba). Creemos que se estaría produciendo una deformación homológica, convirtiendo la sección de los cruceros extremos en rectángulos de ángulos no rectos (fig. 6, derecha). Cuestión ciertamente complicada de resolver y resultado de que en estas bóvedas no se habría alcanzado el grado de estandarización al que se llegaría posteriormente (Bravo Guerrero 2011, 164). Existe otra capilla en Santa María, la del Sagrado Corazón, cerrada a finales del siglo XVI con una bóveda por cruceros, en la que estos problemas no están presentes, puesto que sigue una directriz baída y sus nervios comparten un mismo baivel.

Por otra parte, también existe un desencuentro general entre las correspondencias formales entre dovelas y crucetas. Cuando un nervio discurre a su altura, generalmente los cruceros longitudinales, y encuentra a otro que está más bajo, un crucero transversal, las molduras no casan. Encontramos dos tipos de solución a este problema: (1) las molduras se funden en las esquinas internas de la cruceta (fig. 7, izquierda-arriba). Quizás sea ésta la solución más hábil, puesto que la discontinuidad queda oculta y sólo visible en las esquinas. En el caso contrario, (2) las molduras se inclinan para hacerlas coincidir en la junta, lo que rompe la continuidad visual de las líneas de molduraje a lo largo del nervio (fig. 7, izquierda-abajo). Lo que denota esta

---

<sup>8</sup> Dos centímetros es la precisión del modelo tridimensional y, a nuestro parecer, una tolerancia constructiva razonable.

disparidad de resoluciones es que aquí tampoco habría un control riguroso de la geometría, que terminarían resolviendo las distintas cuadrillas de canteros que trabajaban en la obra.

## Conclusiones

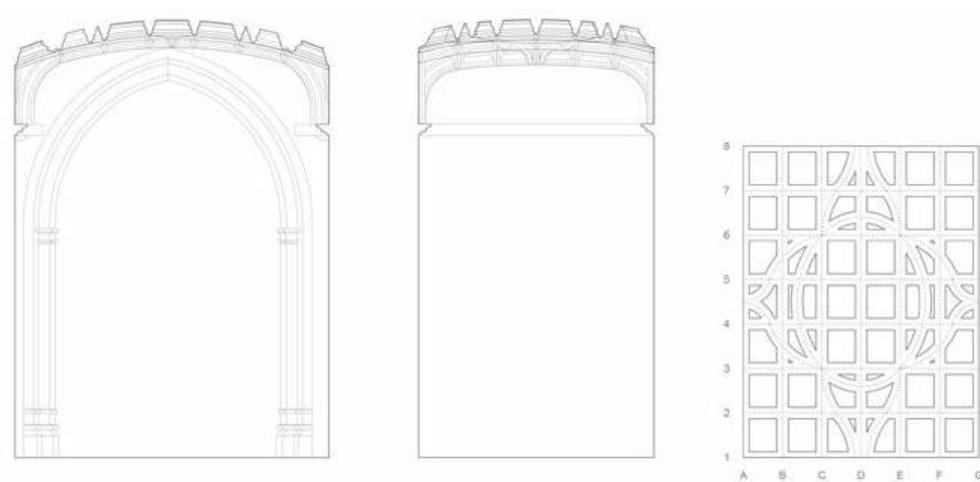
La antesacristía de Santa María de la Asunción de Carmona se revela como una pieza compleja pero de gran riqueza espacial que sirve de transición hacia la sacristía. La aparente solidez geométrica de la malla renacentista está plagada de dilemas que, a modo de foto fija, plasman el rumbo de la arquitectura andaluza de principios del XVI hacia la Edad Moderna. A partir de los análisis realizados, ha quedado demostrado que esta inusual bóveda por cruceros y combados fue un invento estructural. Los desplazamientos y numerosos desencuentros estarían evidenciando un complicado diálogo entre una geometría dominante y las decisiones técnicas a pie de obra. Esto podría indicar que, si bien la paternidad de Riaño no tiene discusión, su ejecución podría apuntar a otra mano, quizás a su discípulo Martín de Gainza.

Sea como fuere, la gran dispersión de los resultados construidos respecto a nuestros trazados teóricos parece coherente, puesto que la bóveda sintetiza un planteamiento espacial moderno aplicando la experiencia medieval. Cuando realmente avanzó el Renacimiento, no se recurrió a estas soluciones, la bóveda sería esférica por definición: se complejizó conceptualmente, pero desaparecieron muchas de las vicisitudes a las que hemos aludido.

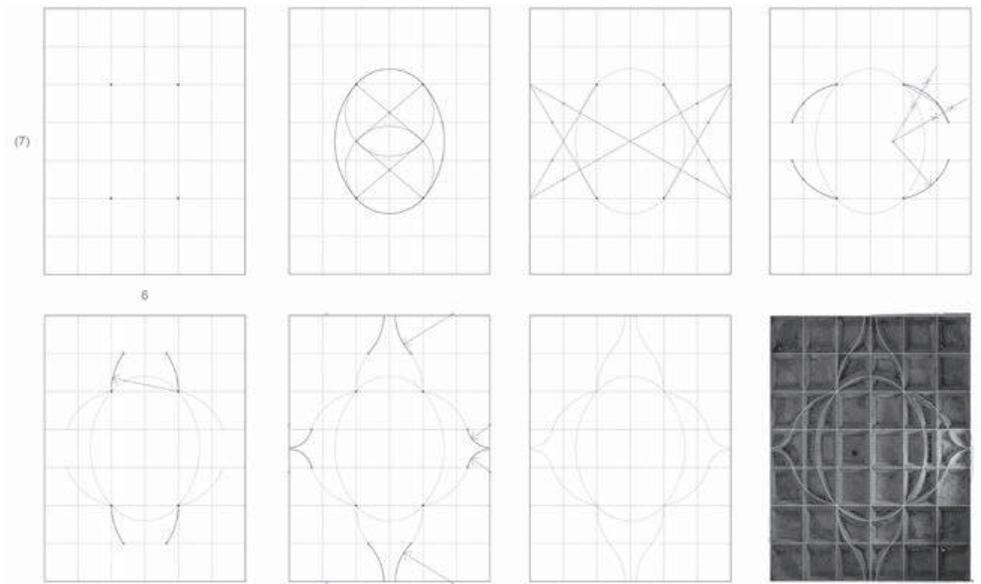
## Bibliografía

- Ampliato Briones, A. L.; Rodríguez Estévez, J. C. 2017. “La obra nueva de Santa María. Crónica de una construcción”. En A. L. Ampliato Briones y J. C. Rodríguez Estévez (coord.). *La obra gótica de Santa María de Carmona. Arquitectura y ciudad en la transición a la Edad Moderna*. Sevilla: Editorial Universidad de Sevilla y Ayuntamiento de Carmona.
- Bravo Guerrero, S. C. 2011. “Bóvedas por cruceros. Clasificación geométrica”. En Santiago Huerta Fernández (org.). *Actas del VII Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, 2 vols. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 161-167.
- Fassi, F. *et al.* 2015. “Emergency survey of remote and endangered archaeological sites”. *The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, vol. XL-5/W4, 85-91.
- Gómez Martínez, J. 1998. *El Gótico español de la Edad Moderna: Bóvedas de crucería*. Valladolid: Secretariado de Publicaciones e Intercambio Científico, Universidad Valladolid.

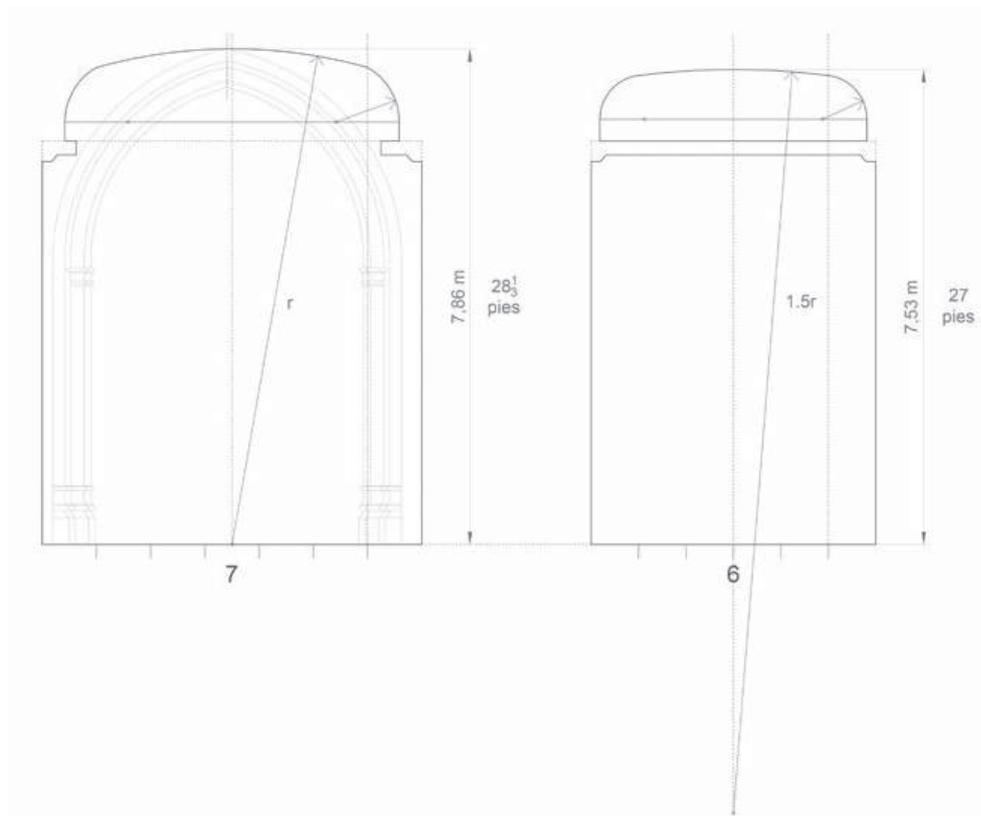
- Lleó Cañal, V. 2012. *Nueva Roma: Mitología y humanismo en el Renacimiento sevillano*. Madrid: Centro de Estudios Europa Hispánica.
- Natividad Vivó, P. 2017. *Bóvedas baídas de cantería en el Renacimiento español*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Natividad Vivó, P.; Calvo López, J. 2012. “La geometría de la bóveda por cruceros de El Salvador de Caravaca de la Cruz”. En Francisco Hidalgo Delgado y Concepción López González (coord.). *Actas del XI Congreso Internacional de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación*. València: Editorial Universitat Politècnica de València, 329-336.
- Palacios, J. C.; Bravo, S. C. 2013. “Diseño y construcción de las bóvedas por cruceros en España durante el siglo XVI”. *Informes de la construcción*, 65 (Extra-2), 81-94.
- Rabasa Díaz, E.; López Mozo, A. 2016. “Configuraciones formales del Gótico tardío en relación con las técnicas de labra”. En B. Alonso Ruiz y J. C. Rodríguez Estévez (coord.). *1514: Arquitectos tardogóticos en la encrucijada*. Sevilla: Universidad de Sevilla, 499-510.
- Ruiz de la Rosa, J. A. 1998. “La geometría del ms atribuido a Hernán Ruíz ‘El Joven’ y conocido como Libro de Arquitectura”. En VV. AA. *Estudios sobre el Libro de arquitectura de Hernán Ruíz*, vol. II. Sevilla: s.n., 43.



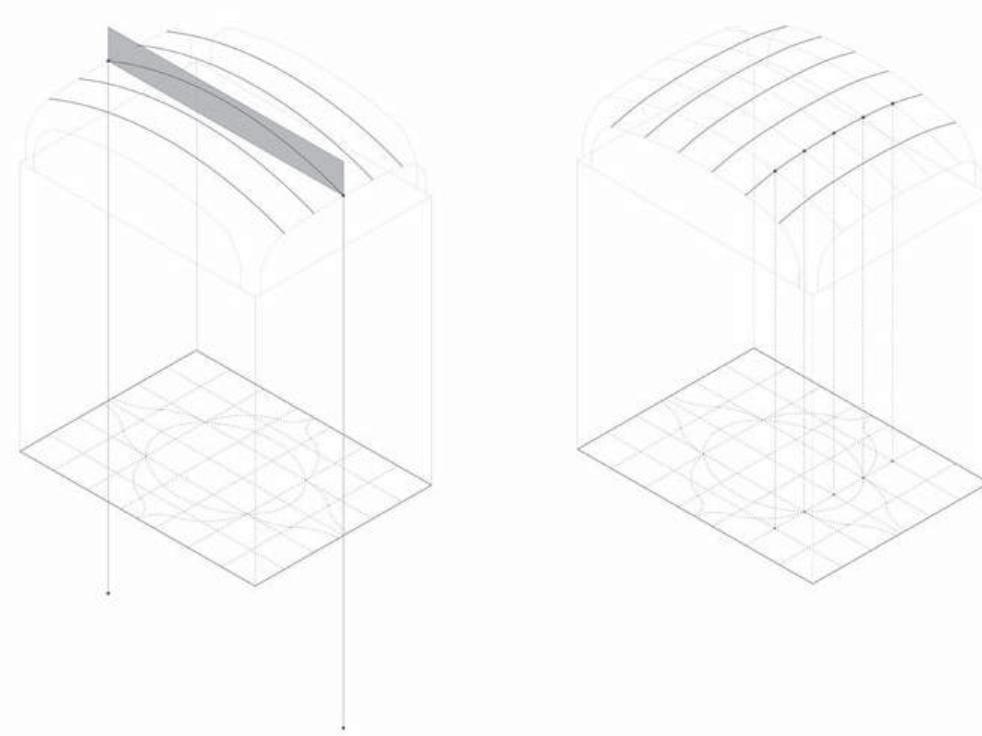
**Fig. 1.** Alzados y planta de la antesacristía de la Iglesia de Santa María de la Asunción (planos del autor).



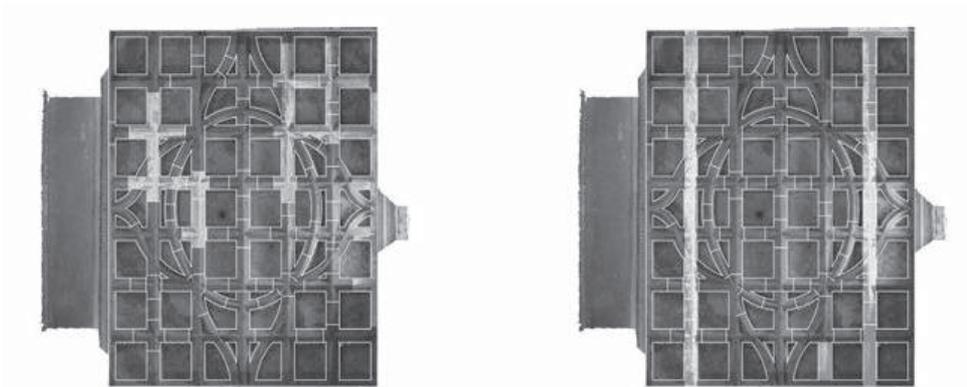
**Fig. 2.** Procedimiento para el trazado de los nervios a partir de la malla ortogonal y cuatro puntos principales (planos del autor).



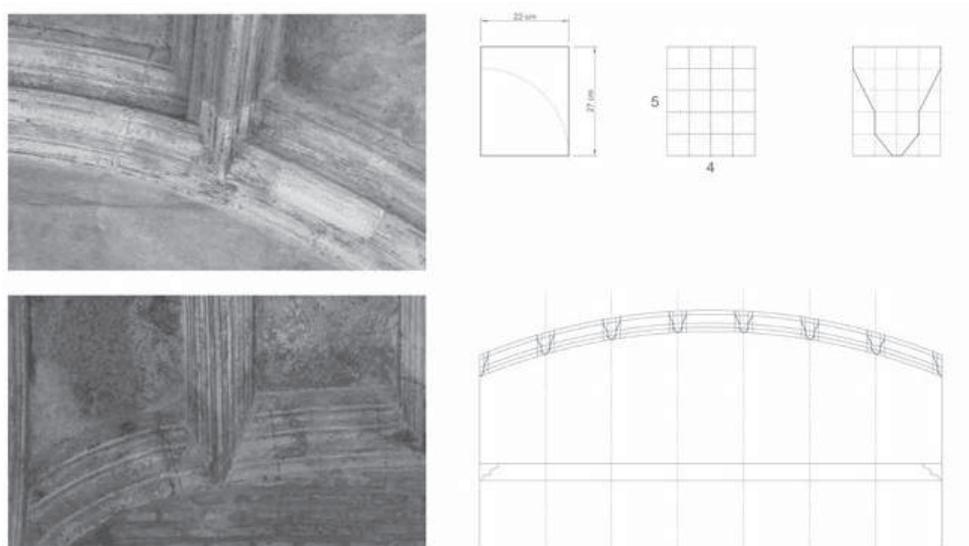
**Fig. 3.** Geometría subyacente y construcción de los alzados de la antesacristía (planos del autor).



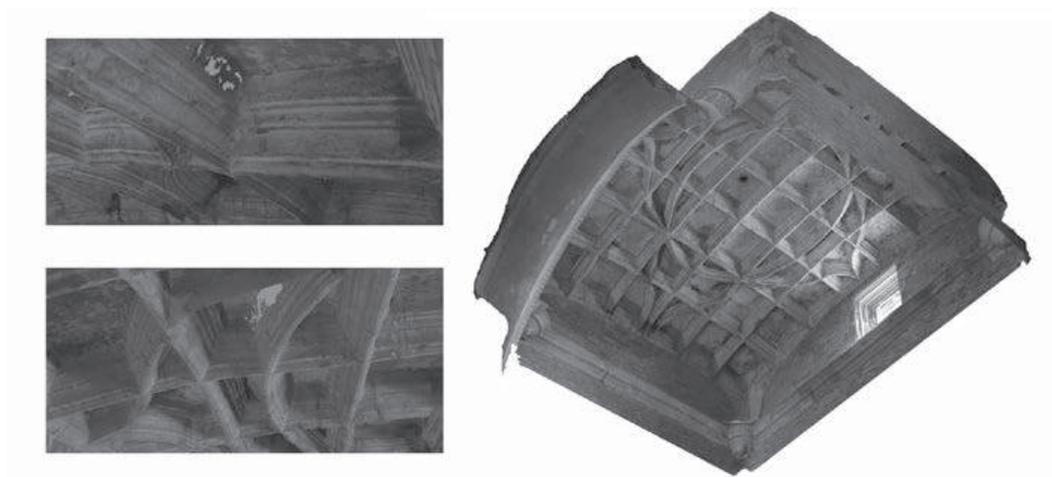
**Fig. 4.** Izquierda: giro del nervio longitudinal a lo largo de los formeros transversales. Derecha: adaptación del arco transversal “empírico” a la altura de las crucetas impuestas por los nervios longitudinales.



**Fig. 5.** Planos de despiece de dovelas y desviaciones verticales (izquierda) y horizontales (derecha) superiores a 2 cm con respecto al trazado geométrico hipotético.



**Fig. 6.** Izquierda arriba: detalle del desencuentro entre molduras en el arquillo del Ayuntamiento de Sevilla. Izquierda abajo: dovela en “T” en la bóveda de la antecristía de Carmona. Derecha: construcción de un crucero y proceso de deformación homológica de los nervios hacia los extremos (fotografías y planos del autor).



**Fig. 7.** Izquierda arriba: desencuentro entre molduras ocultas en las esquinas de las crucetas. Izquierda abajo: las molduras se desvían de su trayectoria para coincidir en la junta. Derecha: vista cenital del modelo fotogramétrico (modelo del autor).