

El “Ochavo de La Guardia”, ¿tórico o esférico?

The “Ochavo de La Guardia”, toroidal or spherical?

Macarena Salcedo-Galera (*), Pau Natividad-Vivó (**), Ricardo García-Baño (***), José Calvo-López (****)

RESUMEN

En su manuscrito de cantería, Alonso de Vandelvira otorga a cuatro elementos constructivos el nombre de un lugar concreto, lo que resalta la especial importancia de estas piezas. Entre ellas se cuenta el “Ochavo de La Guardia”, una bóveda que cubre el presbiterio de una iglesia y que está resuelta “por cruceros”, es decir, un armazón de nervios sobre el que apoya una plementería. En la propuesta desarrollada por Vandelvira en su manuscrito, la compara con la “Bóveda de Murcia”, de intradós tórico. El presente trabajo analiza la geometría de la bóveda construida en La Guardia de Jaén -que da nombre al arquetipo- mediante levantamiento fotogramétrico y escáner láser; y la traza incluida en el manuscrito, poniendo de manifiesto las similitudes y diferencias entre una y otra, el empleo de un intradós esférico y el interés de Vandelvira por el proceso de traza y no solo por el resultado geométrico.

Palabras clave: Estereotomía; geometría; levantamiento; cantería.

ABSTRACT

The masonry manuscript written by Alonso de Vandelvira gives to four constructive elements the name of a specific place, which highlights the special importance of these pieces. One of them is the “Ochavo de La Guardia”, a piece that covers the presbytery of a church with a vault solved “por cruceros”; that is to say, a network of ribs, which support a plementery. The proposal developed by Vandelvira in his manuscript compares it with the “Vault of Murcia”, which presents toroidal intrados. This paper analyzes both the geometry of the vault built in the presbytery of the church in La Guardia de Jaén -which gives its name to the archetype- by photogrammetry and laser scanner; as well as the tracing included in the manuscript, highlighting the similarities and differences between both of them, the use of a spherical intrados and Vandelvira’s interest in the tracing process and not only in the geometric result.

Keywords: Stereotomy; geometry; stone construction; masonry.

(*) Dr. Arq. Prof. Contratado Doctor. Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena (España).

(**) Dr. Arq. Prof. Contratado Doctor. Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena (España).

(***) Dr. Arq. Prof. Asociado. Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena (España).

(****) Dr. Arq. Prof. Catedrático de Universidad. Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena (España).

Persona de contacto/Corresponding author: macarena.salcedo@upct.es (M. Salcedo-Galera)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8962-5191> (M. Salcedo-Galera); <https://orcid.org/0000-0003-4568-5827> (P. Natividad-Vivó); <https://orcid.org/0000-0002-1166-5281> (R. García-Baño); <https://orcid.org/0000-0001-5411-2364> (J. Calvo-López)

Cómo citar este artículo/Citation: Salcedo-Galera, Macarena; Natividad-Vivó, Pau; García-Baño, Ricardo; Calvo-López, José (2021). El “Ochavo de La Guardia”, tórico o esférico?. *Informes de la Construcción*, 73(561): e374. <https://doi.org/10.3989/ic.74582>

Copyright: © 2021 CSIC. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

Recibido/Received: 07/10/2019
Aceptado/Accepted: 06/04/2020
Publicado on-line/Published on-line: 16/03/2021

1. INTRODUCCIÓN

La copia del manuscrito de cantería de Alonso de Vandelvira conservada en la biblioteca de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid (1) incluye una serie de trazas de bóvedas, cúpulas y ochavos casetonados o ejecutados “por cruceros”. Se trata de piezas con una disposición de claro origen clásico, materializadas mediante una malla de nervios y un relleno de casetones con plementería de origen gótico. Este tipo de solución constructiva, si bien aparecida en Francia en las primeras décadas del siglo XVI, encuentra su reflejo en la teoría de la construcción casi exclusivamente en el citado manuscrito, con la única excepción de una traza aislada y algo confusa incluida en los rasguños de cantería de Alonso de Guardia (2).

Entre las piezas ejecutadas “por cruceros” expuestas por Vandelvira destaca la denominada “Ochavo de La Guardia” (f. 103 v). El título de esta traza hace referencia a la bóveda que cubre el presbiterio de la iglesia del convento dominico de La Guardia de Jaén, construida por su padre Andrés de Vandelvira, como ya señalaron en su momento Fernando Chueca (3) y Geneviève Barbé-Coquelin de Lisle (4). Esta “denominación de origen”, en palabras de Pérouse de Montclos (5), implica una singular distinción. Únicamente cuatro ciudades españolas, junto con algunas francesas, prestan su nombre al repertorio canteril: el “Caracol de Mallorca” (f. 50 v), la “Capilla de Cuenca” (f. 97 v) la “Bóveda de Murcia” (f. 69 v) y la que nos ocupa (f. 103 v), lo que da idea del prestigio de la pieza entre los canteros.

La traza contenida en el manuscrito aborda la solución del problema de forma llamativa. Según Alonso de Vandelvira, “es la misma traza que media bóveda de Murcia”. Es más, al comentar la “Bóveda de Murcia” por cruceros añade que “El Ochavo de La Guardia y esta traza son todas una, excepto que el ochavo es la mitad de esta capilla...”. Ahora bien, como más adelante veremos, se acepta unánimemente que en las dos versiones de la “Bóveda de Murcia” incluidas en el manuscrito, tanto la variante básica, resuelta por piezas enterizas, como la solución casetonada, el intradós es una superficie tórica. En concreto, la planta tiene forma rectangular rematada por dos semicírculos en los extremos, que giran alrededor de un eje horizontal externo a su centro, generando una superficie tórica. Por el contrario, en el dibujo del “Ochavo de La Guardia” incluido en el manuscrito de la Escuela de Arquitectura, los dos extremos de la bóveda parecen ser arcos de la misma circunferencia, por lo que generarían una porción de esfera. Todo esto nos ha llevado a abordar el estudio de esta singular pieza, analizando de forma paralela la bóveda construida por Andrés de Vandelvira en La Guardia y la traza recogida por su hijo Alonso en el manuscrito de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid.

En lo que respecta a la bóveda construida en La Guardia, hemos llevado a cabo un levantamiento arquitectónico mediante la obtención de las coordenadas de una nube de puntos con un escáner láser Leica BLK360, realizando 13 tomas desde distintos puntos de la iglesia, a lo largo de la nave, crucero, cabecera y desde el coro alto de los pies. Esta toma de datos se ha completado, además, con apoyo fotogramétrico. Esto nos ha permitido obtener un modelo tridimensional preciso; así como secciones y diversas proyecciones ortogonales para obtener la geometría real de nervios y casetones, completando con hipótesis de trazado los vacíos producidos en las escasas zonas inaccesibles para el escáner o la fotografía. A pesar de la toma de datos desde el coro alto, ha sido inevitable que

algunos puntos, especialmente los situados inmediatamente sobre la cornisa, queden en situación de sombra puesto que no se pueden visar desde ninguno de los puntos de estación. A pesar de esto, la geometría de la bóveda se puede restituir con razonable seguridad, por lo que se ha descartado la utilización de andamios o elevadores de tijera.

En el caso del manuscrito, el texto explicativo que acompaña al dibujo, como ya hemos comentado, es muy escueto y hace poco más que remarcar la similitud con la “Bóveda de Murcia”. Por tanto, el procedimiento de análisis se ha centrado en el trazado geométrico, reflejando las marcas de punta seca y huellas de compás que se pueden detectar en la hoja del códice y que aportan información de gran interés acerca de los procedimientos geométricos empleados en su construcción. El dibujo se ha reproducido en un programa CAD –dibujo asistido por ordenador– repitiendo las construcciones necesarias para obtener los datos que maneja Vandelvira; en algunos casos estas operaciones se deducen del dibujo y en otros se extrapolan a partir de piezas análogas del manuscrito, como veremos más adelante.

1.1. La bóveda de La Guardia

El antiguo convento de Santa María Magdalena ha llegado a nuestros días en ruinas, pero la iglesia, conocida actualmente como de Nuestra Señora de la Asunción, todavía se utiliza para el culto. Según María Soledad Lázaro Damas (6), fue fray Domingo de Valtanás quien fundó este convento en el año 1530, y su construcción comenzó en 1542 bajo el patronato de D. Rodrigo Mexía, señor de la villa de La Guardia. En un principio las obras se adjudicaron al maestro Domingo de Tolosa, que aportó una traza de la iglesia, pero falleció antes del inicio de la construcción. La obra pasó a manos de Andrés de Vandelvira, que introdujo algunos cambios en la traza. El diseño de Tolosa consistía en una planta con cabecera plana cubierta con bóveda cilíndrica casetonada; tampoco aparecerían las capillas a ambos lados del crucero, por lo que parece que la traza concebida por Domingo de Tolosa se correspondería más con una iglesia gótica. Entre las modificaciones introducidas por Vandelvira, la más importante fue la sustitución de la bóveda cilíndrica de la cabecera por la bóveda casetonada que da nombre al “Ochavo de La Guardia”. Para ejecutar de forma limpia esta bóveda era una cuestión primordial solucionar la transición de la planta rectangular a la circular, lo cual se consiguió mediante unas trompas aveneradas que soportan un entablamento sobre el que descansa el ochavo (Fig. 1).



Figura 1. Bóveda construida por Andrés de Vandelvira en la cabecera de la iglesia Nuestra Señora de la Asunción, en La Guardia (Jaén).

Vandelvira estuvo al frente de las obras durante veintiséis años, en los cuales ejecutó varias partes de la iglesia, por ejemplo, la capilla mayor y el crucero, como ya hemos comentado. Parece ser, según explica Lázaro, que existieron ciertas diferencias entre los religiosos y Vandelvira, si bien estas no se debieron a cuestiones constructivas, sino a los plazos y el cumplimiento del arquitecto. De este modo, al final Vandelvira fue despedido y contrataron en su lugar a Francisco del Castillo "el mozo". Oficialmente este arquitecto permaneció en las obras desde 1574 hasta 1576, aunque probablemente su intervención se extendiera algunos años más. Durante este periodo no sólo completó las obras en la iglesia, sino que intervino igualmente en la ejecución del convento (6). Esta no fue la única experiencia profesional que compartieron Vandelvira y Castillo. Ambos visitaron la Catedral de Sevilla, primero en 1557 para asesorar sobre la manera de cerrar la fábrica de la Capilla Real y más tarde, sobre las trazas del nuevo cabildo que por entonces se estaba construyendo. También colaboraron en trabajos de tasación, como la realizada en 1569 en la Sacra Capilla de El Salvador de Úbeda. Pero sobre todo, ambos intervinieron en grandes y relevantes obras, aunque no simultáneamente, como la Iglesia Parroquial de Huelma o la Catedral de Baeza (7).

Muchos autores han estudiado esta pieza desde distintos puntos de vista, especialmente desde el histórico. Sin embargo no se han realizado análisis constructivos y estudios geométricos basados en las evidencias aportadas por levantamientos arquitectónicos. Más allá del trabajo de Lázaro, destacan los estudios de Diego Angulo (8) o Gila Medina y Ruiz Calvente (9), además de otros que ya hemos mencionado con anterioridad. En cualquier caso, todos los autores coinciden con Lázaro y atribuyen la autoría del ochavo a Andrés de Vandelvira. Incluso Pedro Galera, que ha llegado a plantear la posibilidad de una primera traza dada por Rodrigo Gil de Hontañón, admite que fue posteriormente modificada por Vandelvira (10).

La iglesia presenta la típica planta de cruz latina formada por una nave única, crucero y cabecera. Esta última se cubre con una bóveda sobre un entablamento poligonal formado por cinco lados adyacentes de un octógono regular. Esta es la principal razón para dar el nombre de "ochavo" a la pieza, puesto que la bóveda que apoya sobre él no emplea los paños cilíndricos utilizados en muchas ocasiones en los presbiterios de iglesias parroquiales y conventuales. La transición de los muros ortogonales al entablamento se resuelve mediante dos grandes trompas averneradas. La bóveda queda dividida por los cruceros en cuarenta y cuatro casetones trapeziales, de los cuales cuarenta albergan imágenes y esculturas de santos y santas de la orden dominica, dos de ellos tienen labrados los escudos de los mecenas y otros dos muestran la fecha de ejecución mediante dos cartelas sostenidas cada una por un personaje: en una está grabado "EN EL AÑO" y en la otra "1556". El cierre de la bóveda sobre la imposta viene dado por un muro semicircular en el que se encuentra el escudo de la Orden de Santo Domingo.

En cuanto a sus posibles antecedentes constructivos, son muchos los autores que destacan las semejanzas y relaciones de este sistema de abovedamiento en la cabecera de La Guardia con el empleado en la cabecera de la capilla mayor de la iglesia conventual de San Jerónimo de Granada, no solo por su configuración formal, sino por los botones situados en las crucetas. Sin embargo hay estudios que concluyen claramente que, si bien ambas se ejecutan por cruceros, su composición y trazado geométrico es muy dispar. Mientras que en La Guardia nos enfrentamos a una probable superficie esférica, en San Jerónimo de Granada la cabecera se ejecuta mediante superficies cilíndricas,

como ocurre en el primer ochavo de la serie de cabecezas ochavadas del manuscrito de Vandelvira (11).

Curiosamente, también en Granada encontramos una pieza con menor entidad, que sin embargo presenta un trazado similar al de La Guardia. Se trata de la bóveda que cubre el espacio anterior a la sacristía de la catedral de Granada, trazada por Siloé y construida con anterioridad a la pieza giennense. No podemos probar la relación directa entre ambas piezas, pero sí señalar que Vandelvira fue el ejecutor del proyecto de Diego de Siloé para la construcción de la Sacra Capilla de El Salvador de Úbeda.

1.2. La traza del manuscrito

Existen dos copias del manuscrito de Alonso de Vandelvira, una de ellas en la Escuela de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid (1), de los últimos años del siglo XVI o primeras décadas del XVII y otra en la Biblioteca Nacional de España, transcrita por Felipe Lázaro de Goiti y fechada en 1646 (12). Este segundo manuscrito no incluye las piezas por cruceros del primero, que habían caído en desuso en el siglo XVII (13), y en particular el "Ochavo de La Guardia", por lo que nos centraremos en adelante en el primero. No se conoce con exactitud el título de la copia de la Escuela de Arquitectura. El encabezamiento que lleva actualmente, *Exposición y declaración sobre el tratado de Cortes de Fábricas que escribió Alonso de Vandelvira por el excelente e insigne Arquitecto y Maestro de Arquitectura D. Bartolomé de Sombigo y Salcedo Maestro Mayor de la Santa Iglesia de Toledo*, es una adición posterior de Sombigo, que por otra parte no parece haber realizado aportaciones relevantes al manuscrito. La denominación *Tratado de Arquitectura de Alonso de Vandelvira* dada por Geneviève Barbé-Coquelin de Lisle (4) no parece la más adecuada para un texto que no llegó a la imprenta hasta el siglo XX y que se dedica casi exclusivamente a problemas constructivos. Por esta razón, varios estudiosos emplean el título abreviado que le da Fray Lorenzo de San Nicolás (14), *Libro de trazas de cortes de piedras*.

El manuscrito original debió ser redactado entre 1578, fecha de terminación de la escalera de la Chancillería de Granada, que se cita como ejecutada en el manuscrito (f. 56 v – 58 r), y 1591, año en el que Alonso de Vandelvira emprende gestiones para recuperar una copia que circulaba entre los maestros del Escorial, si bien no se puede descartar que algunas secciones sean anteriores o posteriores a esta horquilla (15). El manuscrito de la Escuela de Arquitectura debe situarse entre esta época y 1646, fecha del manuscrito de la Biblioteca Nacional (16). Por otra parte, recordemos que el manuscrito de la BNE no incluye el "Ochavo de La Guardia" ni las restantes piezas casetonadas.

Alonso de Vandelvira ofrece una gran variedad de soluciones de bóvedas ejecutadas por cruceros, como la "Capilla redonda por cruceros" (f. 62 v), "Capilla redonda por cruceros disminuidos" (f. 64 r), etc., o incluso aborda tipologías de bóvedas con geometrías más complejas, por ejemplo, la "Bóveda de Murcia por cruceros" (f. 70 v), o sus conocidas cabeceras ochavadas (f. 102 v – 107 v). En cuanto a estas últimas, Vandelvira ofrece igualmente varias soluciones constructivas. El segundo modelo es el caso que nos ocupa, el "Ochavo de La Guardia" (Fig. 2), basado en la bóveda giennense. Vandelvira define esta pieza como una variante de la bóveda tórica de Murcia en la que se ejecuta solo la mitad para cubrir el ábside. Sin embargo, el dibujo que acompaña a esa descripción parece presentar una imposta circular, que correspondería a una bóveda de superficie esférica.

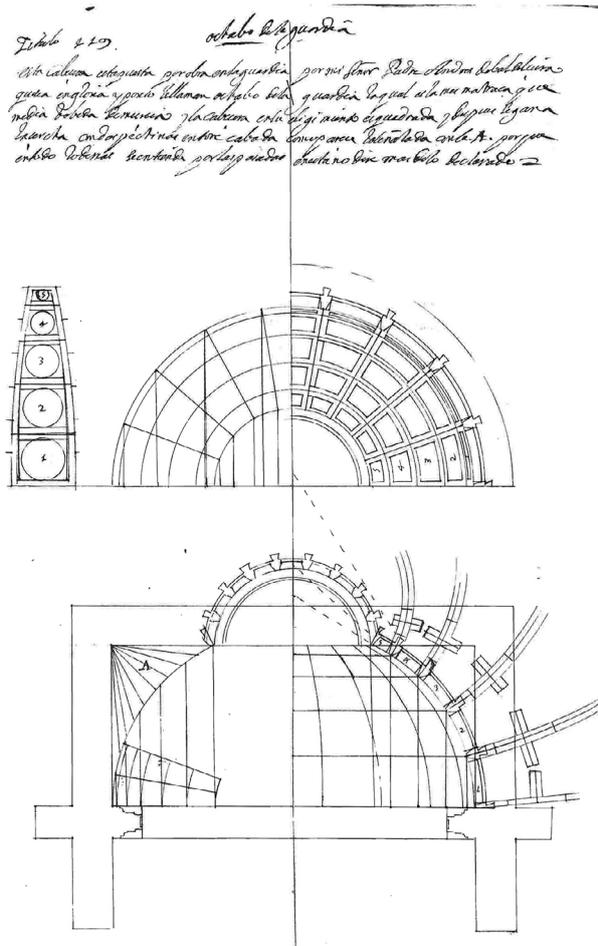


Figura 2. “Ochavo de La Guardia. Libro de trazas de cortes de piedras. Alonso de Vandelvira, c. 1585 (f. 103 v)

Son muchos los autores que han estudiado el manuscrito de Vandelvira, y algunos de ellos mencionan específicamente el trazado del “Ochavo de La Guardia” en sus trabajos. Sin embargo, hasta el momento no se ha profundizado en un análisis preciso del proceso geométrico de generación de la traza, más allá del texto explicativo que acompaña al dibujo. José Carlos Palacios (17), en su extenso estudio del manuscrito, dedica unas páginas al “Ochavo de La Guardia”. El autor recoge lo expuesto por Vandelvira en su tratado, definiendo la cabecera de La Guardia como una variante de la bóveda tórica de Murcia en la que se usa solamente una mitad “con objeto de construir este ingenioso ábside”. Igualmente comenta el distinto reparto del dovelaje con respecto a la “Bóveda de Murcia”, que divide el contorno de su base en dovelas de igual tamaño, mientras que en La Guardia se plantea una división por hiladas en disminución, reparto que, por otra parte, ya había planteado Vandelvira anteriormente. También hace especial mención Palacios a las trompas aveneradas que sustentan la cornisa bajo la bóveda, que habrían sido trompas “en torre cavada” para favorecer la transición de la planta rectangular a la base de la bóveda, hecho que se evita con la moldura poligonal en la imposta, desembocando en una trompa recta. Por otra parte, uno de nosotros señaló en su momento (18) que el trazado del ochavo tiene puntos comunes con el “Arco en vuelta de horno por cara” de Ginés Martínez de Aranda, de intradós esférico, si bien este último es una construcción por piezas enterizas.

2. LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA BÓVEDA CONSTRUIDA

Para proceder al estudio y análisis de la configuración geométrica de la bóveda construida se ha realizado un levantamiento del intradós de la bóveda mediante un escáner láser Leica BLK360, que ofrece una precisión de 6 mm a una distancia de 10 metros y 8 mm a una distancia de 20 metros. Se ha estacionado el escáner láser en trece posiciones y, desde cada una, se ha procedido a escanear la bóveda y los elementos que la circundan. El resultado de cada escaneo ha sido una nube de puntos tridimensionales con color. Se ha procurado que exista contacto visual entre las diferentes posiciones de escaneo, de manera que las nubes de puntos presenten solapes adecuados entre sí. En todas las zonas de solape, los diferentes puntos de las nubes presentan entre sí una desviación menor a seis milímetros. Gracias a esto, ha sido posible fusionar todas las nubes y obtener una única nube con 36.959.252 millones de puntos que definen la forma y despiece de la bóveda. La fusión se ha realizado automáticamente, mediante cálculo por optimización de mínimos cuadrados, utilizando el programa Autodesk Recap Pro.

Posteriormente, esta nube de puntos se ha importado al programa informático de modelado tridimensional Rhinoceros. Dado que las nubes de puntos suelen ser archivos de un gran tamaño, ha sido necesario trabajar con el plug-in específico Arena 4D para la gestión de nubes. Mediante el programa Rhinoceros se ha podido orbitar a través de la nube y se ha dibujado un modelo tridimensional compuesto por diferentes curvas y superficies que representan con rigor y precisión la geometría de la bóveda y las juntas entre sus dovelas. La ventaja principal de los levantamientos tridimensionales es que se pueden analizar, revisar y editar desde el propio programa de modelado, lo que facilita enormemente el estudio geométrico y estereotómico y, además, posibilita la obtención de cualquier tipo de plano o perspectiva en cualquier sistema de representación (Fig. 3).

2.1. Configuración formal de los cruceros

La bóveda presenta una malla compuesta por dos familias de cruceros. Como en la división geográfica del globo terráqueo, una de las familias corresponde a círculos máximos que concurren en un punto o meridianos y la otra materializa secciones por planos paralelos, que dan lugar a círculos menores. Ahora bien, al contrario de lo que ocurre en los globos, los paralelos, identificados con las letras A, B, C, D y E, tal y como se observa en la planta (Fig. 4) o en la sección (Fig. 5), se disponen en planos verticales paralelos al arco de embocadura de la bóveda. Por otra parte, los cruceros meridianos se disponen en planos radiales convergentes en el eje de la bóveda, que en este caso es horizontal y se halla situado sobre la cornisa. Estos cruceros se han identificado con los números del 1 al 12, tal y como se aprecia en el alzado (Fig. 6). A partir de la nube de puntos, se han obtenido tres documentos gráficos: una planta seccionando por un plano horizontal al nivel de la cornisa y proyectando hacia el intradós de la bóveda; un alzado seccionando por un plano vertical situado entre el crucero paralelo E y el arco de embocadura de la bóveda y proyectando hacia el intradós de la bóveda; y una sección por un plano vertical que pasa por el eje de revolución de la bóveda, proyectando hacia el intradós de la bóveda.

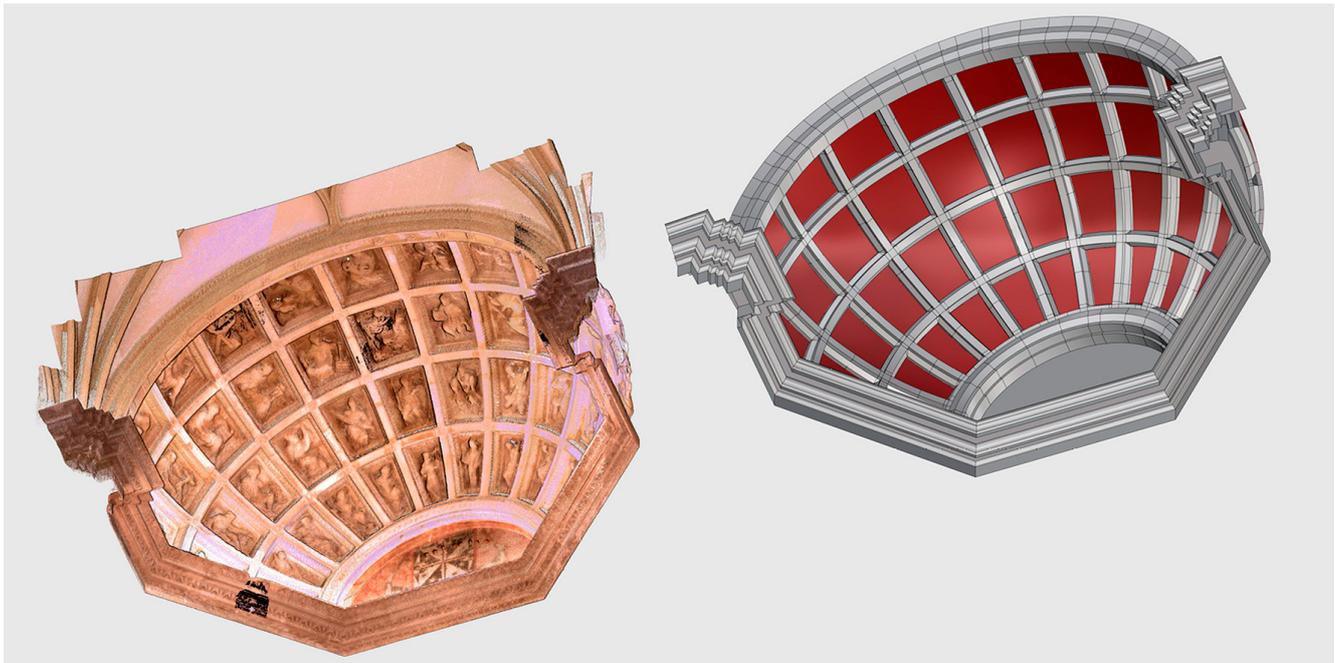


Figura 3. A la izquierda, nube de puntos con color obtenida mediante escáner láser. A la derecha, modelo tridimensional obtenido mediante Rhinoceros.

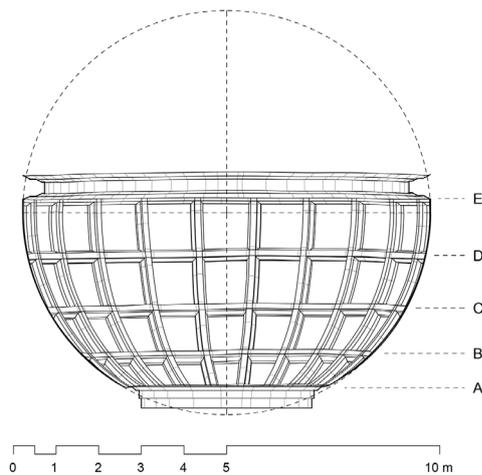


Figura 4. Levantamiento y análisis geométrico de la bóveda. Planta.

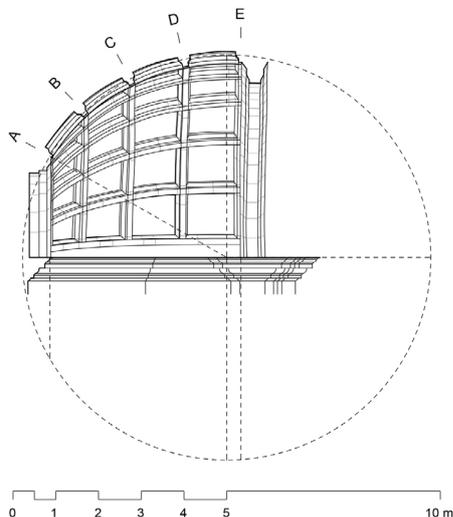


Figura 5. Levantamiento y análisis geométrico de la bóveda. Sección.

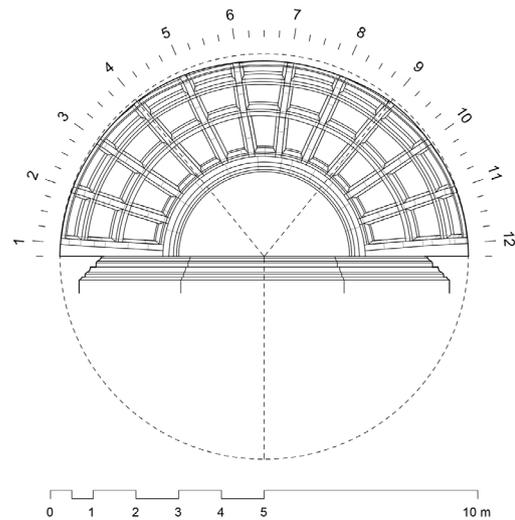


Figura 6. Levantamiento y análisis geométrico de la bóveda. Alzado.

El levantamiento muestra que el trazado de las directrices de los cruceros de la bóveda se ajusta con bastante precisión a una superficie esférica. Los cruceros meridianos presentan directrices circulares cuyos radios son todos muy similares y se desvían muy ligeramente del valor medio: 4,793 metros que equivalen aproximadamente a 23 palmos castellanos (Tabla 1). Por su parte, los cruceros paralelos presentan directrices circulares con radios menores y diferentes entre sí. El levantamiento muestra que la bóveda presenta algunas deformaciones mecánicas. En particular, destaca la flecha existente en su parte más alta y que se aprecia con claridad en el alzado.

El levantamiento aporta datos que nos permiten establecer una hipótesis sobre el diseño del trazado de los cruceros. Para ello, nos apoyaremos en las imágenes de la planta, el alzado y la sección de la bóveda, sobre las cuales se ha dibujado, con línea discontinua, una circunferencia de referencia, que repre-

Tabla 1. Desviación de los cruceros meridianos según su radio.

Crucero meridiano	Radio (metros)	Radio (palmos castellanos)	Desviación de cada radio respecto de la media (%)
1	4,768	22,85	- 0,5%
2	4,786	22,92	-0,2%
3	4,741	22,71	-1,1%
4	4,774	22,87	-0,4%
5	4,895	23,45	+2,1%
6	4,751	22,76	-0,9%
7	4,788	22,93	-0,1%
8	4,826	23,12	+0,7%
9	4,979	23,85	+3,9%
10	4,786	22,93	-0,2%
11	4,717	22,59	-1,6%
12	4,708	22,55	-1,8%

senta la geometría esférica del intradós de la bóveda y cuyo radio se ha establecido en 4,793 metros, que, recordemos, es el radio medio de los cruceros meridianos.

En el caso de los cruceros paralelos podemos ver, en planta, que la circunferencia de referencia ha sido delimitada mediante dos planos paralelos que definen la ubicación de los cruceros A y E, y en cuyo interior se dispone la bóveda. Particularmente interesante es el hecho de que el crucero E no pasa por el centro de la circunferencia de referencia, como a priori se podría pensar. En cualquier caso, una vez delimitada la porción de esfera que corresponde a la bóveda, se divide la sección en cuatro partes iguales, obteniéndose la posición de los cruceros B, C y D. Hecho esto, quedan fijados los cinco cruceros paralelos.

En el caso de los cruceros meridianos podemos ver, en el alzado, que la circunferencia de referencia ha sido dividida en dos partes iguales mediante un plano horizontal que pasa por el centro de la circunferencia y que coincide con la cornisa de la bóveda. A continuación, se ha dividido la mitad superior de la circunferencia en cuarenta y seis partes iguales. La primera y la última división, que son las que están junto a la cornisa, se aprovechan para ubicar dos peraltes simétricos. Y, a partir de estos peraltes, se disponen los doce cruceros meridianos, separados entre sí por cuatro divisiones.

Como consecuencia del diseño de los cruceros paralelos y meridianos se materializa una malla de 4 x 11 casetones. El levantamiento muestra que todos los cruceros son de molde cuadrado, es decir, que presentan simetría bilateral alrededor de planos inclinados meridionales y no simetría afín alrededor de planos verticales. Dicho de otra manera, los cruceros tienen secciones definidas por plantillas cuyos ejes de simetría son líneas convergentes al centro del intradós esférico y no líneas verticales (13) (17). Merece la pena recordar que, en distintas ocasiones, Vandelvira sostiene que el diseño de molde cuadrado es preferible porque “uno sirve para toda la capilla” (f. 98 v-99 r).

3. ANÁLISIS DEL TRAZADO CONTENIDO EN EL MANUSCRITO

Cuando Alonso de Vandelvira hace referencia al “Ochavo de La Guardia” en su manuscrito, señala que la cabecera está

“puesta por obra en La Guardia” por su padre, Andrés de Vandelvira, e indica que es la misma traza que media “Bóveda de Murcia”. Describe la caja mural como cuadrada, solucionando la transición al ochavo mediante dos trompas “en torre cavada”.

Respecto al modo de resolver la pieza, ofrece escasos detalles y se remite a las trazas precedentes. Analizando el dibujo y comparándolo con las trazas anteriores, podemos deducir que Vandelvira traza los cruceros meridianos de forma que el ochavo quede dividido en nueve sectores iguales. Sin embargo, para determinar la posición de los cruceros paralelos va disminuyendo progresivamente las longitudes de cada tramo, de tal modo que, en cada uno de los casetones, las longitudes de los nervios correspondientes a los paralelos tiendan a igualarse a las de los meridianos. Para ello, obtiene una aproximación al desarrollo del perímetro de un sector completo. Divide el eje, en verdadera magnitud en planta, en seis partes iguales, determina la longitud total de la línea poligonal inscrita; traza en planta la proyección del sector dividido en las seis partes y halla las anchuras en cada una de las seis divisiones, mediante la cuerda que une los vértices del arco de cada división. El error cometido al sustituir las longitudes de los arcos por las de sus cuerdas es relativamente pequeño.

Una vez obtenido el perímetro del sector, trasladando las medidas obtenidas a una construcción gráfica auxiliar, traza los anchos de los cruceros meridianos laterales y del crucero paralelo inferior, y después obtiene el círculo tangente a los tres cruceros dibujados, lo que le permite determinar la posición del crucero superior que cierra el casetón, trazando la tangente superior al círculo. Esta operación se repite sucesivamente de tal modo que en cada casetón se pueda dibujar un círculo tangente a los cuatro cruceros perimetrales. Sin embargo, a causa de los errores de dibujo en el trazado de los círculos, obtiene en cada sector cinco casetones, cuatro principales y uno residual. Las posiciones halladas para los cruceros paralelos se trasladan a la planta, con lo que es posible determinar las proyecciones completas de la pieza. Una construcción gráfica con las dimensiones del sector sin los errores de dibujo muestra que se obtendrían únicamente cuatro casetones (Fig. 7). Por último, las plantillas de cada uno de los cruceros se determinan por el procedimiento de desarrollo de conos (19).

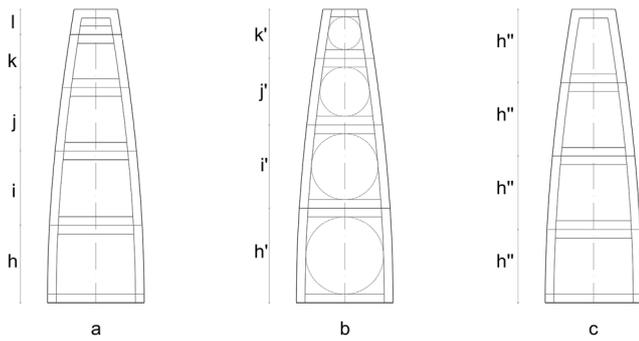


Figura 7. Esquemas de distribución de los casetones en un sector desarrollado del ochavo: a) Divisiones obtenidas por Alonso de Vandelvira en el *Libro de trazas*; b) Divisiones obtenidas por el procedimiento del *Libro de trazas* sin los errores de dibujo; c) División en casetones de igual altura empleada en la cabecera de La Guardia.

En cuanto a la "Bóveda de Murcia", Alonso de Vandelvira propone en su manuscrito dos versiones para el trazado de esta pieza. En la primera de ellas (f. 69 v-70 r), la traza se plantea para su ejecución mediante dovelas y la disposición de los lechos se realiza dividiendo en siete partes iguales los semicírculos generatriz y directriz respectivamente. Sin embargo, en la segunda versión de la traza (f. 70 v-71 r), denominada "Bóveda de Murcia por cruceros", las posiciones de los cruceros meridionales se obtienen mediante la división del semicírculo directriz en siete partes iguales, mientras que los nervios paralelos se disponen en disminución, para que cada casetón se aproxime al cuadrado, siguiendo el procedimiento de desarrollo del sector y división en diez partes mediante el trazado de los círculos tangentes a tres nervios descrito anteriormente.

En el ochavo construido en La Guardia, Andrés de Vandelvira determina los cruceros paralelos mediante la división de los meridianos en cuatro partes iguales, de tal modo que los casetones, cercanos a una proporción cuadrada en el ecuador, van estrechándose progresivamente hacia el polo. Resulta significativo comprobar que Alonso de Vandelvira refleja en el *Libro de trazas de cortes de piedras* la solución inversa a la que su padre construyó en La Guardia. Si

bien en el ochavo construido se emplean longitudes iguales en las divisiones de los cruceros meridionales, en la solución ofrecida en el manuscrito se resuelven disminuyendo progresivamente las longitudes para aproximar los casetones a las proporciones del cuadrado. Por otra parte, el ochavo resuelto por dovelas en el manuscrito de Vandelvira, como solución alternativa al empleo de cruceros, sí obedece a la división en partes iguales de las juntas en meridianos y paralelos. Por tanto, nos encontramos a priori con dos notables diferencias. Por una parte, el número de hiladas, cuatro en la bóveda construida y cinco en la traza del manuscrito; y, por otra parte, las proporciones de los casetones, de altura constante en la cabecera de La Guardia, frente a los casetones cuadrados del trazado contenido en el manuscrito (Fig. 8).

Además, debemos añadir diferencias en la solución empleada para resolver la transición de la planta rectangular a la ochavada, pues en la cabecera construida en La Guardia, Andrés de Vandelvira empleó trompas rectas, que proporcionan una base con forma semioctogonal; el vuelo de la importante cornisa que sirve de arranque a la bóveda permite ocultar a la vista del observador a nivel de suelo la discrepancia geométrica entre el ángulo obtuso entre los vértices de la base y el nervio circular con el que arranca la bóveda. Por el contrario, la solución recogida por su hijo Alonso, mucho más limpia desde el punto de vista geométrico, emplea dos trompas "en torre cavada" cuya arista superior coincide plenamente con el primer nervio horizontal de arranque (f. 103 v).

4. CONCLUSIONES

El examen detenido de la traza de Alonso de Vandelvira y la comparación con el levantamiento arquitectónico preciso por medio de escáner láser y fotogrametría de la bóveda del convento dominico de La Guardia, que no se había abordado hasta ahora, permite llegar a conclusiones muy significativas sobre esta pieza y, por extensión, sobre el proceso de traza y labra en la cantería del Renacimiento español.

En primer lugar, no cabe duda de que la bóveda construida en La Guardia presenta un intradós esférico, tal y como se desprende del análisis geométrico y constructivo de los cruceros

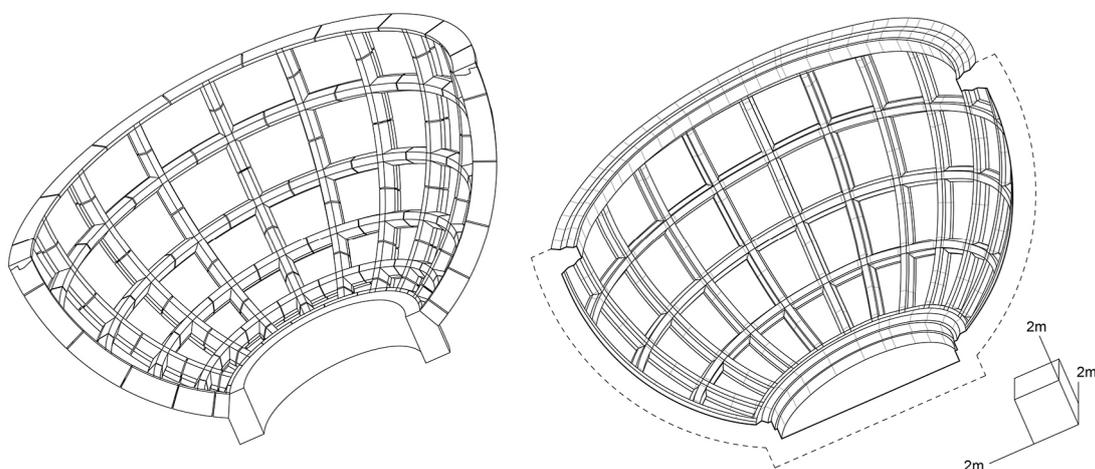


Figura 8. A la izquierda, perspectiva axonómica de la cabecera según el trazado propuesto en el *Libro de trazas*. A la derecha, perspectiva axonómica de la bóveda construida en la cabecera de La Guardia.

paralelos y meridianos que configuran la bóveda. Por tanto, cabe preguntarnos por qué Alonso de Vandelvira, si bien la dibuja correctamente como una bóveda de intradós esférico, la define como “media Bóveda de Murcia”, pieza que a priori no está configurada con una superficie esférica. Tras el trabajo realizado, podemos afirmar que muy probablemente cuando Vandelvira dice “media Bóveda de Murcia” se refiere al proceso constructivo más que al resultado geométrico de la pieza. Es decir, cuando Vandelvira describe el “Ochavo de La Guardia” es plenamente consciente de lo que hace, puesto que el ochavo, aún presentado un intradós esférico, se construye siguiendo el trazado de una bóveda tórica en la que el radio de la generatriz y el radio de rotación son iguales.

En este punto es importante aclarar que Vandelvira, en su *Libro de trazas de cortes de piedras* apenas emplea el término “esférico”, usándolo de forma muy puntual en piezas concretas. Recordemos que en el manuscrito, Vandelvira se refiere a la bóveda esférica como “Capilla redonda en vuelta redonda” (f. 60 v). Podemos concluir, por tanto, que Vandelvira en su manuscrito no clasifica las piezas de cantería por su configuración geométrica, sino por sistemas constructivos, de manera que, dentro de cada tipo constructivo surgen distintas configuraciones geométricas, como es el caso del “Ochavo de La Guardia” con respecto a la “Bóveda de Murcia”.

En segundo lugar, destacan las notables diferencias entre la ejecución de la bóveda de La Guardia y la traza del manuscrito en lo que respecta a la configuración formal y geométrica de los casetones. Si bien en la bóveda construida los cruceros paralelos se disponen equidistantes generando casetones de distintas

proporciones, en el manuscrito Alonso de Vandelvira emplea un sistema de tangencias para distribuir los cruceros paralelos de manera que se generen siempre casetones aproximadamente cuadrados. Esta diferencia entre el procedimiento de control geométrico de Alonso con respecto a la obra efectivamente construida por su padre es probablemente el afán del primero en idealizar la obra de este último, mejorando el sistema empleado por él en la bóveda construida. Todo esto aporta datos adicionales para confirmar que el *Libro de trazas de cortes de piedras* no es una copia de textos, dibujos o soluciones de Andrés de Vandelvira, sino una obra de Alonso que, si bien en muchas ocasiones parte del ejemplo de construcciones de su padre y otros autores, las reelabora en un proceso de depuración geométrica, en este caso muy acertado.

Por tanto, el análisis dimensional preciso, abordado desde una base empírica y siguiendo un proceso riguroso de medición, junto con el estudio detenido de la traza del manuscrito, nos permite conocer tanto el proceso constructivo seguido por Andrés de Vandelvira en la iglesia conventual de La Guardia, como el proceso intelectual y geométrico seguido por su hijo, Alonso de Vandelvira, para concebir su *Libro de trazas de cortes de piedras*, basándose en obras construidas y afinando sus métodos de control formal.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del Proyecto de Investigación “Arquitectura renacentista y construcción pétreo” (19361/PI/14) de la Fundación Séneca – Agencia Regional de Ciencia y Tecnología en el marco del PCTIRM 2011–2014.

6. REFERENCIAS

- (1) Vandelvira, A. (c. 1585). *Libro de trazas de cortes de piedras*. Madrid: Biblioteca de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid. (Facs. 1977. Barbé-Coquelin de Lisle, Geneviève, ed. *Tratado de arquitectura de Alonso de Vandelvira*. Albacete: Caja Provincial de Ahorros).
- (2) Guardia, A. (c. 1600). *Manuscrito de arquitectura y cantería* (Anotaciones sobre una copia de Battista Pittoni, Imprese di diversi principi, duchi, signori ..., Libro II, Venecia, 1566, Biblioteca Nacional de España, ER/4196).
- (3) Chueca Goitia, F. (1971). *Andrés de Vandelvira, arquitecto*. Jaén: Instituto de Estudios Giennenses de la Diputación de Jaén.
- (4) Barbe-Coquelin de Lisle, G. (1977). Introducción. En Vandelvira, A. (Ed.), *Tratado de arquitectura de Alonso de Vandelvira* (pp. 1-36). Albacete: Caja de Ahorros.
- (5) Perouse de Montclos, J. M. (1982). *L'Architecture a la française. Du milieu du XVe à la fin du XVIIIe siècle*. París: Picard Editeur.
- (6) Lázaro Damas, M. S. (1988). El convento de Santa María Magdalena de la Cruz, de La Guardia. Programa constructivo. *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, 136: 115-142.
- (7) Moreno Mendoza, A. (2006). Andrés de Vandelvira y Francisco del Castillo, dos arquitectos renacentistas en el Jaén del siglo XVI. *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, 193: 63-82.
- (8) Angulo Íñiguez, D. (1971). La iglesia parroquial de La Guardia (Jaén). *Boletín de la Academia de Bellas Artes de San Fernando*, 33: 83.
- (9) Gila Medina, L. y Ruiz Calvente, M. (1984). El programa iconográfico de la iglesia de Dominicos de La Guardia (Jaén). *Cuadernos de Arte de la Universidad de Granada*, 16: 183-198. DOI: <https://doi.org/10.30827/caug.voio.11094>.
- (10) Galera Andreu, P. (2000). *Andrés de Vandelvira*. Madrid: Ed. Akal.
- (11) Salcedo Galera, M. (2017). *Construcción pétreo en la Granada del Renacimiento* (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Cartagena. DOI: 10.31428/10317/6445.
- (12) Vandelvira, A. (1646). *Libro de cortes de cantería de Alonso de Vandelvira, arquitecto, sacado a la luz y aumentado por Philippe Lázaro de Goiti (...)*. Madrid: Biblioteca Nacional de España, MS 12719.
- (13) Rabasa Díaz, E. (2000). *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*. Madrid: Ediciones Akal.
- (14) San Nicolás, F. L. (1665). *Segunda parte del Arte y uso de Arquitectura*. Madrid (Facs. 2005. In Huerta, Santiago, ed. *Selección de tratados españoles de arquitectura y construcción, s. XVI-XX*. [CD] Madrid, Instituto Juan de Herrera).
- (15) Banda y Vargas, A. (1969). Nuevos datos acerca del manuscrito de arquitectura de Alonso de Vandelvira. *Archivo Español de Arte*, 42 (168): 378-381.
- (16) Calvo López, J., Alonso Rodríguez, M. A., Rabasa Díaz, E. y López Mozo, A. (2005). *Cantería renacentista en la Catedral de Murcia*. Murcia: Colegio Oficial de Arquitectos de Murcia.

- (17) Palacios González, J.C. (2003). *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*. Madrid: Editorial Munilla-Lería.
- (18) Calvo López, J. (1999). *Cerramientos y trazas de montea de Ginés Martínez de Aranda* (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Madrid. DOI: 10.31428/10317/778.
- (19) Estepa Rubio, J. y Estepa Rubio, A. (2017). El método de los conos como desarrollo gráfico-analítico de la forma y del trazado geométrico en las construcciones abovedadas de los Vandelvira. La capilla desigual por lados cuadrados como caso de estudio singular. En *Actas del X Congreso Nacional y II Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción en San Sebastián* (pp. 491 – 500). Madrid: Instituto Juan de Herrera.
