

Bóvedas baídas construidas por cruceros: tipos constructivos

Pau Natividad Vivó
José Calvo López

A principios del siglo XVI aparecieron en Francia y España una serie de bóvedas baídas construidas con cruceros de piedra. Estas bóvedas despertaron un gran interés entre los arquitectos y maestros de la época, y pronto se expandieron por la península ibérica y otros países como México, donde se conservan magníficos ejemplos en edificios de gran importancia. Los cruceros son un tipo de nervios ejecutados con piedra de cantería que se combinan entre sí para formar mallas espaciales de diversas composiciones. Las mallas más sencillas son aquellas donde los cruceros forman casetones que, proyectados en planta, dibujan cuadrados o rectángulos; las más complejas muestran disposiciones sorprendentes, con casetones hexagonales, octogonales, etcétera.

El presente trabajo tiene por objetivo estudiar las baídas de cruceros, prestando especial atención a su configuración constructiva. Para ello, se analizarán los diferentes tipos de cruceros y sus combinaciones en mallas, estableciendo así una clasificación constructiva. Asimismo, dentro de cada tipo constructivo se citarán varios ejemplos, dando cuenta de las variantes geométricas. Todo ello permitirá confirmar que el sistema constructivo basado en cruceros es muy flexible y que las baídas de cruceros, con independencia de la composición de su malla, pueden adoptar multitud de formas pseudo-esféricas.

UNA APROXIMACIÓN A LA GEOMETRÍA DE LAS BÓVEDAS BAÍDAS

En general, se puede definir baída como el tipo de bóveda que se obtiene al cortar una superficie semiesférica mediante los cuatro planos verticales correspondientes a los lados de un rectángulo inscrito en su base circular. Sin embargo, las baídas renacentistas construidas con piedra de cantería presentan un gran número de variantes geométricas que no se ajustan exactamente a dicha definición, ya sea porque su planta no es rectangular o porque su intradós no es esférico. Es el caso, por ejemplo, de la baída de hiladas cuadradas e intradós pseudo-esférico que cubre la cocina del monasterio de S. Lorenzo de El Escorial, en Madrid (López Mozo 2004); la baída de cruceros y sección plana del primer tramo de la nave central de la iglesia de N.^a S.^a de la Consolación de Cazalla de la Sierra, en Sevilla (Bravo 2009; Bravo y Palacios 2009); la baída de cruceros e intradós esferoidal de la capilla mayor de la iglesia del Salvador de Caravaca de la Cruz, en Murcia (Natividad y Calvo 2012); las baídas de cruceros e intradós con forma de superficies de traslación de la catedral de S. Ildefonso de Mérida, en el estado de Yucatán (Bravo 2013); o la baída de hiladas redondas y planta pentagonal de la sacristía de la iglesia de Sta. M.^a de la Encarnación de Huéscar, en Granada (Natividad y García 2013).

En los libros de arquitectura del siglo XVI también encontramos ejemplos de baídas cuya planta no es rectangular o cuyo intradós no es esférico. En el tratado del francés Philibert De l'Orme, concretamente en el capítulo XIV titulado «De la voûte sphérique et à four la forme d'un triangle équilatéral», aparece un trazado para una baída de planta triangular (De l'Orme 1567, 114v-115v). En el manuscrito del español Alonso de Vandelvira, en los títulos 107 «Capilla cuadrada carpanel por hiladas redondas», 108 «Capilla perlongada (panel) por hiladas redondas» y 110 «Capilla carpanel por hiladas cuadradas» se muestran los trazados para tres baídas que tienen en común un intradós pseudo-esférico generado por la revolución de una curva oval alrededor de un eje vertical (Vandelvira ca. 1585, 91v, 92r y 93r; Palacios [1990] 2003, 282-283). Y en las últimas páginas de este mismo manuscrito, en los títulos 140 «Rombo igual» y 141 «Rombo desigual», aparecen varios trazados para baídas de intradós esferoidal sobre planta rómbica y romboidal (Vandelvira ca. 1585, 120v-123v y 124r-126v; Senent 2011).

Todos los ejemplos mencionados, y otros tantos que veremos a continuación, confirman que las baídas renacentistas de cantería, incluidas las construidas por cruceros, pueden adoptar numerosas formas pseudo-esféricas, además de que los casos con geometrías singulares son relativamente abundantes. Es por este motivo que varios estudios recientes han llegado a la conclusión de que las baídas no tienen por qué ser perfectamente esféricas (Senent 2016, 320-322; Natividad 2017, 1: 321-322).

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LAS BÓVEDAS BAÍDAS DE CRUCEROS

Cuando se habla de baídas ejecutadas con piedra de cantería, se pueden establecer tres familias: las construidas por hiladas, las construidas por cruceros y las construidas mediante una combinación de ambos. Se entiende que una baída está construida por hiladas cuando está ejecutada mediante una serie de dovelas, talladas en piedra de cantería, que se disponen unas junto a otras formando hiladas que abarcan todo el intradós. Por otro lado, se entiende que una baída está construida por cruceros cuando está ejecutada mediante una serie de arcos o nervios de piedra de cantería, denominados cruceros, que se cruzan entre

sí formando una malla espacial que abarca todo el intradós. Como veremos más adelante, los cruceros de una baída pueden ser de varios tipos y pueden combinarse formando diferentes mallas; sin embargo, su diseño y construcción se realiza, en la mayoría de los casos, mediante un mismo procedimiento.

Según se deduce de los trazados para baídas de cruceros recogidos en el manuscrito de Vandelvira (ca. 1585, 97v-102r y 124r -126v), para diseñar una baída de esta clase primero habría que decidir el número y tipo de cruceros, después se tendría que dibujar la composición de la malla en planta y finalmente se deberían trazar los cruceros en alzado. Si los cruceros son arcos circulares, para trazarlos solo sería necesario definir tres puntos de su directriz; si no son circulares, serían necesarios más puntos. En cualquier caso, estos puntos se podrían definir de varias maneras, si bien hay un procedimiento en particular que sería bastante sencillo y permitiría controlar fácilmente la geometría de la baída. Para llevar a cabo este procedimiento, primero se deberían diseñar los arcos perimetrales de la bóveda y después una o varias secciones verticales, por ejemplo, transversales, longitudinales o diagonales. Hecho esto, quedaría fijada la posición en el espacio de varios puntos para cada uno de los cruceros: dos puntos de apoyo sobre los arcos perimetrales y otros puntos de paso sobre las secciones verticales. Por último, empleando estos puntos se dibujarían los alzados de los cruceros. Se trata, sin duda, de un procedimiento de diseño que recuerda bastante al empleado en las bóvedas de crucería góticas, donde los nervios también se trazaban primero en planta y después en alzado.

Existen varios estudios que analizan el proceso constructivo de las bóvedas de cruceros, incluidas las baídas (Palacios [1990] 2003, 302-321; Palacios y Bravo 2012; Palacios y Bravo 2013; Palacios et al. 2015, 119-151). De estos estudios se desprende que los cruceros se pueden despiezar siempre de la misma manera, con independencia de la geometría de su directriz. Cada crucero se compone de dos tipos de dovelas: por un lado, están las dovelas con forma de cruz que resuelven los encuentros entre diferentes cruceros y que Vandelvira (ca. 1585, 97v) denomina crucetas; por otro lado, están las dovelas convencionales que dan forma a los propios nervios como elementos lineales. Las crucetas son indispensables y las dovelas convencionales solo se emplean cuando el paso de malla es bastante amplio. En general, las

juntas entre dovelas de un mismo crucero vienen definidas por planos ortogonales a la directriz del crucero y convergentes al centro de la baída. Además, según explica Vandelvira (ca. 1585, 97v), los cruceros se pueden diseñar con molde cuadrado o revirado: los cruceros de molde cuadrado tienen sus secciones orientadas hacia el centro de la baída y los de molde revirado tienen sus secciones orientadas verticalmente. Como consecuencia de esto, todos los cruceros de molde cuadrado tienen la misma sección, mientras que los de molde revirado tienen secciones distintas; Vandelvira (ca. 1585, 98v) advierte de esta circunstancia indicando que el molde cuadrado es mejor porque «uno sirve para toda la capilla». Por último, conviene señalar que los huecos entre cruceros se completan con unas piezas llamadas casetones, que pueden construirse con piedra de cantería o con albañilería, pueden ser lisos o estar decorados, y pueden adoptar diferentes formas dependiendo de la composición de la malla.

Llegados a este punto, se puede afirmar que el procedimiento de diseño y construcción de las baídas de cruceros es muy flexible, pues ofrece una gran capacidad de adaptación a plantas, arcos perimetrales y secciones verticales con diferentes formas. De hecho, existen numerosas baídas de cruceros cuyo intradós no es esférico, motivo por el cual algunos investigadores han planteado una clasificación geométrica (Bravo 2011). No obstante, dada la gran casuística existente, en este trabajo hemos preferido optar por una clasificación constructiva, que creemos es más operativa y además puede englobar los aspectos geométricos.

TIPOS DE CRUCEROS Y MALLAS

Para clasificar constructivamente las baídas de cruceros, primero definiremos los tipos de cruceros y sus posibles combinaciones en mallas. Un amplio inventario de baídas renacentistas de cantería en el ámbito hispano (Natividad 2017: 2) nos ha permitido definir seis tipos de cruceros, según la forma y posición que ocupen respecto de la planta (figura 1): los cruceros paralelos son aquellos que se proyectan en planta como rectas paralelas a un lado de la planta; los cruceros diagonales son aquellos que se proyectan en planta como rectas paralelas a una diagonal de la planta; los cruceros radiales son aquellos que se pro-

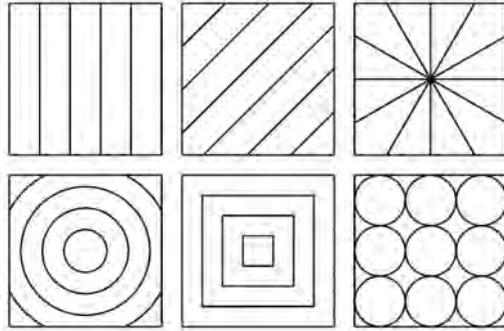


Figura 1

Tipos de cruceros (de izquierda a derecha y de arriba a abajo): (1) paralelos, (2) diagonales, (3) radiales, (4) circulares, (5) cuadrados y (6) combados

yectan en planta como rectas radiales convergentes al centro de la planta; los cruceros circulares son aquellos que se proyectan en planta como circunferencias con centros situados en el centro de la planta; los cruceros cuadrados son aquellos que se proyectan en planta como polígonos paralelos al perímetro de la

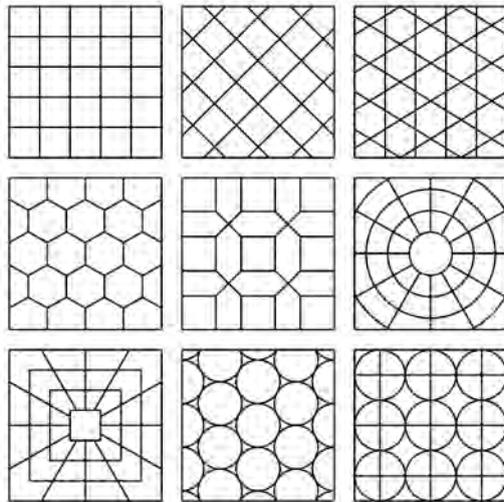


Figura 2

Algunos ejemplos de mallas (de izquierda a derecha y de arriba a abajo): (1) de cruceros paralelos, (2) de cruceros diagonales, (3) (4) (5) de cruceros paralelos y diagonales, (6) de cruceros radiales y circulares, (7) de cruceros radiales y cuadrados, (8) de cruceros combados y (9) de cruceros paralelos y combados

planta; y los cruceros combados son aquellos que se proyectan en planta con forma de curvas.

A su vez, los diferentes tipos de cruceros se pueden combinar entre sí para generar mallas de las más diversas composiciones, sin más limitación que la propia creatividad del arquitecto o maestro cantero (figura 2): los casos más frecuentes son las mallas de cruceros paralelos, aunque también hay mallas de cruceros diagonales, de cruceros paralelos y diagonales, de cruceros radiales y circulares, de cruceros radiales y cuadrados, de cruceros combados, de cruceros paralelos y combados, etcétera.

LAS MALLAS DE CRUCEROS PARALELOS

La baída de cruceros más frecuente que podemos encontrar en la arquitectura renacentista es la compuesta por una malla de dos juegos de cruceros paralelos. Por lo general, las baídas de cruceros paralelos suelen tener planta cuadrada o rectangular, y sus cruceros intersecan entre sí formando casetones que se proyectan en planta como cuadrados o rectángulos. El manuscrito de Vandelvira (ca. 1585, 97v-98r, 98v-99r y 124r-126v) recoge en los títulos 113 «Capilla cuadrada por cruceros», 114 «Capilla perlongada por cruceros» y 141 «Rombo desigual» tres trazados para baídas de cruceros paralelos con planta cuadrada, rectangular y romboidal respectivamente (Palacios [1990] 2003, 302-315; Senent 2016, 439-442; Natividad 2017, 1: 108-116 y 153-156).

Existen muchas baídas de cruceros paralelos, especialmente en el sur de España. Se puede citar, por ejemplo, la baída de sección rebajada y casetones rectangulares decorados con reyes que hay en la sala capitular de la planta baja del Ayuntamiento renacentista de Sevilla, proyectada por Diego de Riaño en 1528 y construida entre 1534 y 1535 (figura 3); las baídas del primer tramo de las naves de la iglesia de N.ª S.ª de la Consolación de Cazalla de la Sierra, en Sevilla, ejecutadas probablemente por Miguel de Gaínza a finales del segundo tercio del siglo XVI, y de entre las cuales destaca la del tramo central, con sección vertical plana (Bravo 2009; Bravo y Palacios 2009) (figura 4); las baídas de las capillas de la cabecera de la Sacristía Mayor de la Catedral de Sevilla, diseñadas por Riaño en torno a 1530 y terminadas por Martín de Gaínza en 1537; la baída de la capilla mayor de la iglesia del Salvador de Caravaca de la



Figura 3
Baída de cruceros paralelos en la sala capitular del Ayuntamiento renacentista de Sevilla



Figura 4
Baída de cruceros paralelos en la iglesia de N.ª S.ª de la Consolación de Cazalla de la Sierra

Cruz, en Murcia, levantada por Pedro y Andrés Monte entre 1597 y 1605, y que presenta un intradós esférico resultado de diseñar los arcos perimetrales como arcos circulares con centros a diferente altura

(Natividad y Calvo 2012; Natividad 2017, 2: 255-258); y también las baídas de sección rebajada de la planta baja de las galerías del claustro mayor del antiguo monasterio de S. Jerónimo de Buenavista de Sevilla, proyectadas quizá por Riaño en torno a 1530 y levantadas bajo la supervisión de Martín de Gaínza (Natividad 2017, 2: 371-374). En México destacan las baídas de las naves de la Catedral de S. Ildefonso de Mérida, en Yucatán, construidas a finales del siglo XVI y cuyo intradós se asemeja a superficies de traslación (Bravo 2013) (figura 5).

Un caso singular, por la sección lisa de sus crueros, viene dado por las baídas de los tramos laterales del antecabildo del Cabildo Viejo de Jerez de la Frontera, en Cádiz, construidas por Andrés de Ribera y Bartolomé Sánchez entre 1571 y 1575. En estas baídas, la sección de los crueros no sobresale respecto de los casetones, como en la mayoría de las baídas de crueros, sino que es lisa y queda rehundida (Natividad 2017, 2: 303-306) (figura 6).

Por último, conviene indicar que existen algunas baídas de crueros paralelos que tienen planta pentagonal. Una de estas se localiza en la capilla de los Muñoz de la Catedral de Cuenca, cerrada por Diego de Tiedra en torno a 1537; hay otra en la galería de la planta baja del Patio de los Óleos de la Catedral de Sevilla, construida por Riaño entre 1532 y 1534 (fi-



Figura 6
Baída de crueros paralelos y casetones cuadrados en el Cabildo Viejo de Jerez de la Frontera

gura 7); y vemos dos más en los brazos del crucero de la iglesia de S. Sebastián de Soreasu de Azpeitia, en Guipúzcoa, ejecutadas, al parecer, por Juan de Apoita entre 1601 y 1615. En todos estos casos, las plantas de las baídas son pentagonales debido a que



Figura 5
Baída de crueros paralelos en la Catedral de S. Ildefonso de Mérida. Fotografía de Benjamín Ibarra (www.elgoti-conenmexico.org)



Figura 7
Baída de crueros paralelos y planta pentagonal en el Patio de los Óleos de la Catedral de Sevilla

un paramento de la estancia se dispone en chaflán; no obstante, las bóvedas se resuelven como si su planta fuera cuadrada o rectangular, y el chaflán se resuelve achaflanando las esquinas de los casetones correspondientes.

LAS MALLAS DE CRUCEROS DIAGONALES

La baída de cruceros diagonales es la que está compuesta por una malla de dos juegos de cruceros diagonales que intersecan entre sí formando casetones que se proyectan en planta como rombos. El manuscrito de Vandelvira (ca. 1585, 99v-100r, 100v-101r y 101v-102r) recoge en los títulos 115 «Capilla cuadrada enrejada», 116 «Capilla perlongada enrejada» y 117 «Capilla enrejada por el crucero» los trazados para tres baídas de cruceros diagonales o «capillas enrejadas» (Palacios [1990] 2003, 316-321; Natividad 2017, 1: 117-128).

Parece que las primeras baídas de cruceros diagonales se construyeron en la mencionada iglesia de N.^a S.^a de la Consolación de Cazalla de la Sierra, concretamente en el segundo tramo de las naves. Sabemos que en 1538 empezaron las obras de remodelación de esta iglesia, probablemente a cargo de Martín de Gaínza, aunque debió ser su hijo, Miguel, quien terminó las bóvedas a finales del segundo tercio del siglo XVI. Aparte de estas, hay otras baídas de cruceros diagonales en iglesias de Extremadura, claramente vinculadas a la cantería andaluza. Es el caso de las baídas de las naves laterales de la iglesia del antiguo monasterio de N.^a S.^a de la Encarnación de Zafra, en Badajoz, cerradas por Francisco de Montiel en torno a 1580; o las baídas de los brazos del crucero de la iglesia de S. Pedro Apóstol de Montijo, también en Badajoz, obra de Montiel y fechadas a principios del siglo XVII. Resulta curioso observar que las baídas de Montijo son asimétricas respecto de su eje longitudinal, debido a que los arcos perimetrales correspondientes a los lados cortos de la planta rectangular tienen sus arranques a diferente altura (figura 8).

LAS MALLAS DE CRUCEROS PARALELOS Y DIAGONALES

Cuando en una baída se combinan varios juegos de cruceros paralelos y diagonales, se pueden crear mallas sorprendentes. Por ejemplo, si se combina



Figura 8
Baída de cruceros diagonales en la iglesia de S. Pedro Apóstol de Montijo

un juego de cruceros paralelos y dos de cruceros diagonales, se puede formar una malla de casetones hexagonales con unos pequeños huecos triangulares entre ellos. Es el caso de la baída del crucero de la

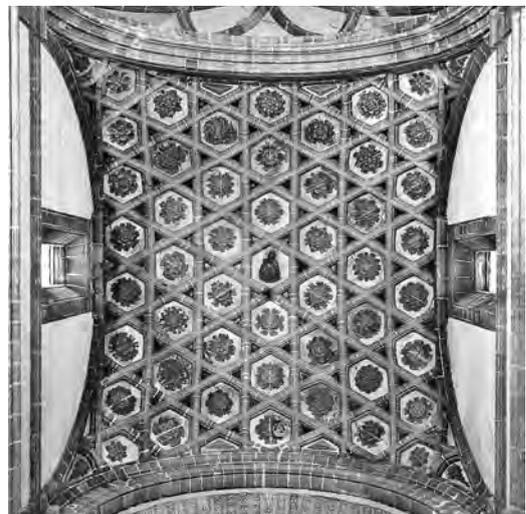


Figura 9
Baída de cruceros paralelos y diagonales y casetones hexagonales en la iglesia de N.^a S.^a de la Oliva de Lebrija

iglesia de N.ª S.ª de la Oliva de Lebrija, en Sevilla, construida entre 1585 y 1593 (figura 9); o la baída de la antesacristía de la iglesia de Santiago de Jerez de la Frontera, en Cádiz, datada en la década de 1570. También se pueden diseñar mallas de casetones hexagonales combinando porciones de cruceros paralelos y hexagonales. Así ocurre en la baída de planta rectangular y sección muy rebajada que cubre la antesacristía de la iglesia de S. Miguel de Jerez de la Frontera (Pinto 1998, 2: n.º 39; Natividad 2017, 2: 311-314) (figura 10); o en la baída del vestíbulo de la fachada lateral de la iglesia de S. Juan de los Caballeros, también en Jerez de la Frontera (Pinto 1998, 2: n.º 35). Ambas baídas están fechadas en la década de 1560 y han sido atribuidas a Hernán Ruiz II, aunque con la posible colaboración de Francisco Rodríguez Cumplido.

No acaban aquí las posibilidades de combinación entre cruceros paralelos y diagonales. Por ejemplo, en el tramo central del mencionado antecabildo del Cabildo Viejo de Jerez de la Frontera hay una baída de casetones cuadrados, pentagonales y hexagonales; en la escalera junto a la sacristía de la mencionada iglesia de S. Miguel de Jerez de la Frontera hay una baída de casetones con forma de cruces (Pinto 1998, 2: n.º 44); y en la capilla mayor de la iglesia del antiguo convento de Sto. Domingo de



Figura 10
Baída de cruceros paralelos y diagonales y casetones hexagonales en la iglesia de S. Miguel de Jerez de la Frontera

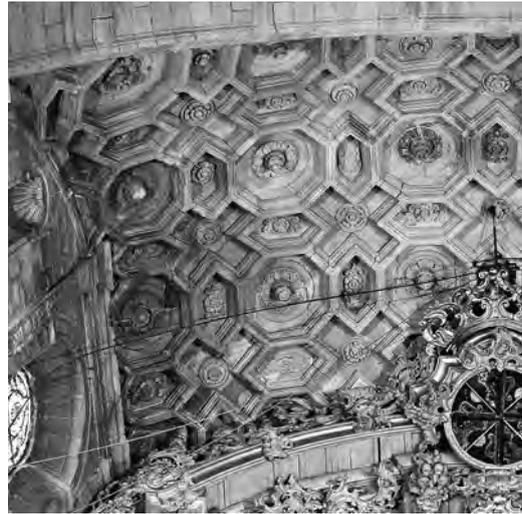


Figura 11
Baída de cruceros paralelos y diagonales y casetones con forma de cruces, hexágonos y octógonos en la iglesia del antiguo convento de Sto. Domingo de Sanlúcar de Barrameda

Sanlúcar de Barrameda, en Cádiz, hay una baída de casetones que adoptan la forma de cruces, hexágonos y octógonos, construida por Francisco Rodríguez Cumplido en la década de 1560 (Pinto 1998, 2: n.º 41) (figura 11). Muchas de estas composiciones denotan influencias del Libro II de Dürero ([1525] 2000, 205) y el Libro IV de Serlio (1552, 73v-75v)

LAS MALLAS DE CRUCEROS RADIALES Y CIRCULARES

Hay baídas cuya malla se compone de dos juegos de cruceros radiales y circulares que intersecan entre sí formando casetones que se proyectan en planta como figuras trapeciales. Cuando se utiliza esta composición, suelen darse dos posibilidades. La primera es que la malla de cruceros solo abarque la parte superior de la baída, sin incluir las pechinas. Así sucede en el trazado del título 135 «Capilla cuadrada enlazada» del manuscrito de Vandelvira (ca. 1585, 117v) o en la baída de la capilla mayor de la iglesia de S. Gabriel de Loja, en Granada, trazada quizá por Diego de Siloé y construida por Juan de Maeda entre 1560 y 1568 (figura 12). La segun-



Figura 12
Baída de cruceros radiales y circulares en la iglesia de S. Gabriel de Loja



Figura 13
Baída de cruceros radiales y cuadrados en la iglesia de Sta. María de Guareña

da posibilidad es que la malla de cruceros se extienda a toda la baída, incluidas las pechinas. Esto es lo que ocurre en la baída de la capilla sacramental de la iglesia de N.^a S.^a de la Consolación de El Pedroso, en Sevilla, diseñada en 1575 por Pedro Díaz de Palacios, o en la baída de sección rebajada del sotacoro de la iglesia de S. Esteban de Betoño, en Álava, obra de Juan Vélez de la Huerta que data de 1575 (Ezquerria 2016, 51-55).

Asimismo, conviene señalar que la adaptación de este tipo de malla a una planta rectangular puede realizarse mediante la utilización de cruceros ovales, tal y como ocurre en la baída del primer tramo de la nave central de la iglesia de N.^a S.^a de la Asunción de Aracena, en Huelva, construida por Hernán Ruiz II quizá entre 1563 y 1569; o también mediante cruceros pseudo-ovales, como el que se observa en la baída del vestíbulo de la puerta del Sol de la iglesia Mayor Prioral de El Puerto de Santa María, en Cádiz, atribuida a Martín de Gaínza y fechada a mediados del siglo XVI (Pinto 1998, 2: n.º 15).

LAS MALLAS DE CRUCEROS RADIALES Y CUADRADOS

En algunas baídas, la malla se compone dos juegos de cruceros radiales y cuadrados. Es el caso de la

baída de intradós esférico y planta cuadrada de la sacristía de la iglesia de Sta. María de Guareña, en Badajoz, posible obra de Francisco de Montiel y fechada entre 1594 y 1609 (Natividad 2017, 2: 271-274) (figura 13). Otro ejemplo es la baída de la sacristía de la iglesia de Sta. Eulalia de Chinchetru, en Álava, construida a principios del siglo XVII por Mateo del Pontón, aunque quizá trazada por Juan Vélez de la Huerta (Ezquerria 2016, 104-107).

LAS MALLAS CON CRUCEROS COMBADOS

Existen bastantes baídas que presentan mallas con cruceros combados. En algunas ocasiones, aunque no es lo habitual, los cruceros combados conforman la totalidad de la malla. Es el caso de la baída de planta rectangular y sección rebajada que cubre la estancia de tránsito entre la sacristía y la capilla mayor de la mencionada iglesia de S. Miguel de Jerez de la Frontera (Pinto 1998, 2: n.º 36) (figura 14). Esta baída fue construida en torno a la década de 1560 y está atribuida a Hernán Ruiz II, aunque sin descartar la posible colaboración de Francisco Rodríguez Cumplido. Su composición a base de casetones circulares aparece en el Libro II de Durero ([1525] 2000, 199). En otras ocasiones, los cruceros combados se combinan



Figura 14
Baída de cruceros combados y casetones circulares en la iglesia de S. Miguel de Jerez de la Frontera

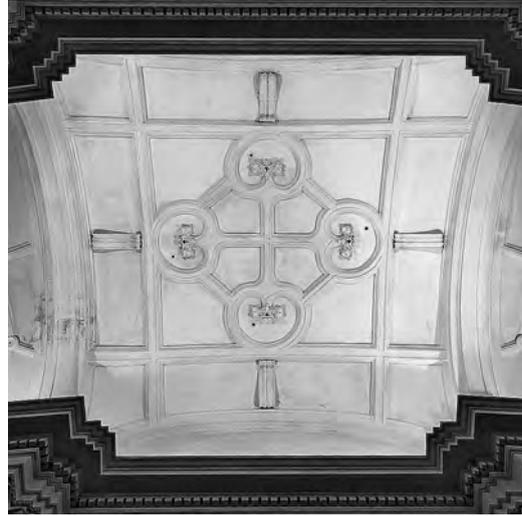


Figura 15
Baída de cruceros paralelos, diagonales y combados en la Catedral de Granada

con otros tipos de cruceros, ampliando las posibilidades formales. Así sucede en la baída del sotacoro de la mencionada iglesia del antiguo convento de Sto. Domingo de Sanlúcar de Barrameda, construida en la década de 1560 por Francisco Rodríguez Cúmplido (Pinto 1998, 2: n.º 43). Se trata de una baída cuya malla está formada por cruceros paralelos y combados que dibujan casetones circulares y cuya composición denota influencias del Libro IV de Serlio (1552, 73v-75v).

También hay casos en los que los cruceros combados se emplean en zonas concretas a modo de elementos decorativos. Un ejemplo es la baída de la antesacristía de la iglesia prioral de Sta. María de Carmona, en Sevilla, quizá construida por Diego de Riaño en torno a 1530, y cuyos combados dibujan un óvalo con ocho ramales curvos. Otro ejemplo son las conocidas baídas de la girola de la Catedral de Granada, construidas en la década de 1540 por Diego de Siloé. Se trata de cinco baídas de planta trapezoidal, con sección longitudinal casi plana y compuestas por dos pares de cruceros paralelos, en cuyo centro se dispone un tetralóbulo formado por porciones de cruceros paralelos, diagonales y combados (Senent, Salcedo y Calvo 2016; Senent 2016, 471-491).

NOTA

1. El presente trabajo se ha realizado en el marco de los siguientes proyectos de investigación: «Arquitectura renacentista y construcción pétreo en el sur de España» (19361/PI/14), financiado por la Fundación Séneca - Agencia Regional de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia, y «Diego de Riaño, Diego de Siloé y la transición del Gótico al Renacimiento en España. Arquitectura y ciudad: Técnica, lenguaje y concepción espacial» (HAR 2016-76371-P), financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad.

LISTA DE REFERENCIAS

- Bravo Guerrero, Sandra Cynthia. 2009. «Bóvedas cuadradas por cruceros en España y México». En *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Valencia, 21-24 de octubre de 2009*, vol. 1, 235-242. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Bravo Guerrero, Sandra Cynthia. 2011. «Bóvedas por cruceros. Clasificación geométrica». En *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Santiago de Compostela, 26-29 de octubre de 2011*, vol. 1, 161-167. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

- Bravo Guerrero, Sandra Cynthia. 2013. «Origen, geometría y construcción de las bóvedas por cruceros de la catedral de San Ildefonso en Mérida, Yucatán». En *Actas del Octavo Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Madrid, 9-12 de octubre de 2013*, vol. 1, 113-122. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Bravo Guerrero, Sandra Cynthia, y José Carlos Palacios Gonzalo. 2009. «Crossing trellis vaults in Spain and Mexico». En *Proceedings of the Third International Congress on Construction History. Brandenburg University of Technology Cottbus, Germany, 20th-24th May 2009*, 235-243. Berlin: Neunplus1.
- De l'Orme, Philibert. 1567. *Le premier tome de l'architecture*. Paris: Frédéric Morel.
- Durero, Alberto. [1525] 2000. *Unterweysung der messung, mit dem zirckel und richtscheyt, in linien, ebnen unnd gantzen corporen...* Edición española *De la medida a cargo de Jeanne Peiffer*. Madrid: Ediciones Akal.
- Ezquerria Ibarra, Iñigo. 2016. *Bóvedas nervadas radio-concéntricas en Álava*. Trabajo final de máster, Universidad Politécnica de Madrid.
- López Mozo, Ana. 2004. «Traza y construcción en la bóveda vaída de la cocina del convento del Monasterio de El Escorial». En *Dibujar lo que no vemos: actas del X Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1021-1031. Granada: Universidad de Granada.
- Natividad Vivó, Pau. 2017. *Bóvedas baídas de cantería en el Renacimiento español*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cartagena.
- Natividad Vivó, Pau, y José Calvo López. 2012. «La geometría de la bóveda por cruceros de El Salvador de Caravaca de la Cruz». En *Actas del XI Congreso Internacional de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación*, 329-336. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Natividad Vivó, Pau, y Ricardo García Baño. 2013. «La baída sobre planta pentagonal en la colegiata de Huéscar (Granada)». En *Actas del Octavo Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Madrid, 9-12 de octubre de 2013*, vol. 2, 767-776. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Palacios Gonzalo, José Carlos. [1990] 2003. *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento español*. Madrid: Editorial Munilla-Lería.
- Palacios Gonzalo, José Carlos, y Sandra Cynthia Bravo Guerrero. 2012. «Construction of a pendentive grid crossing vault». En *Nuts & Bolts of Construction History. Culture, Technology and Society*, vol. 1, 81-88. Paris: Éditions A. et J. Picard.
- Palacios Gonzalo, José Carlos, y Sandra Cynthia Bravo Guerrero. 2013. «Diseño y construcción de las bóvedas por cruceros en España durante el siglo XVI». *Informes de la construcción* 65 (N.º Extra-2): 81-94.
- Palacios Gonzalo, José Carlos, Rafael Martín Talaverano, Sandra Cynthia Bravo Guerrero, Soraya Genin, Rocío Maira Vidal, David Rodríguez Cobos, y Diego Martínez Moreno. 2015. *Taller de construcción gótica I*. Madrid: Munilla-Lería.
- Pinto Puerto, Francisco. 1998. *Las esferas pétreas: análisis de las soluciones del arte de la monte en la provincia de Cádiz durante el siglo XVI*. Tesis doctoral, Universidad de Sevilla.
- Senent Domínguez, Rosa. 2011. «Las bóvedas irregulares del tratado de Vandelvira. Estrategias góticas en cantería renacentista». En *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Santiago de Compostela, 26-29 de octubre de 2011*, vol. 2, 1329-1338. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Senent Domínguez, Rosa. 2016. *La deformación del tipo. La construcción de bóvedas no-cánónicas en España (siglos XVI-XVIII)*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.
- Senent Domínguez, Rosa, Macarena Salcedo Galera, y José Calvo López. 2016. «Las bóvedas de la girola de la Catedral de Granada: ¿tradición constructiva o innovación renacentista?». En *1514, arquitectos tardogóticos en la encrucijada*, 383-394. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Serlio, Sebastiano. 1552. *Tercero y cuarto libro de arquitectura*. Traducido por Francisco de Villalpando. Toledo: Casa de Iván de Ayala.
- Vandelvira, Alonso de. Ca. 1585. *Libro de trazas de cortes de piedras*. Manuscrito R10 de la Biblioteca de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid.