

Cuestiones sobre trazados medievales de óvalos

Rafael Martín Talaverano.

Las bóvedas de crucería rebajadas revisten un especial interés al ser consideradas como obras que responden a un momento de transición del mundo medieval al moderno. Por ello se ha analizado la bóveda del coro del convento de San Juan de los Reyes (Toledo), para determinar la hipotética traza medieval de sus arcos ovales, y el proceso geométrico de diseño que la hizo posible. De este modo se pretende entender el desarrollo geométrico y constructivo que suponen estas bóvedas del gótico tardío hispano.

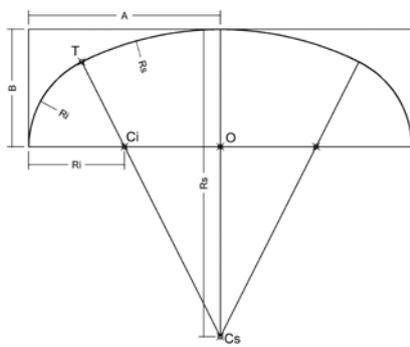


Figura 1: Geometría del óvalo

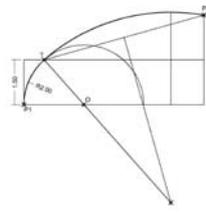


Figura 2: Métodos de trazado de óvalos descritos por Willis

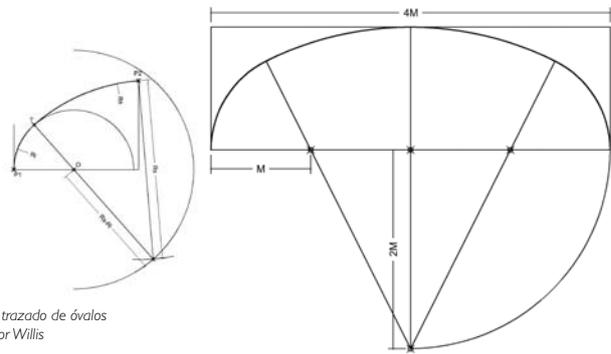


Figura 3: Trazado de óvalos por la división en partes del eje mayor

EL CONOCIMIENTO GEOMÉTRICO MEDIEVAL

La principal característica que define a la traza de bóvedas en la época plenomedieval, es que el proceso se basa en una geometría de planta (proyección horizontal), y en unas proyecciones frontales individualizadas de cada uno de los arcos. Una vez determinada la planta y las elevaciones de los arcos, quedan fijados todos los puntos de arranque de los nervios y sus intersecciones. De este modo la bóveda se levanta materialmente a partir de la planta, es decir, los elementos de se desarrollan verticalmente. Una vez determinados los nervios, el plemento era ejecutado como una superficie que se apoyaba en los mismos, sin un trazado geométrico previo. Era un proceso en el que la superficie se generaba a posteriori, y el elemento fundamental del diseño eran las líneas. Sin embargo, en la época tardomedieval, aun manteniendo un mismo sistema geométrico de diseño de bóvedas, se fueron incorporando más recursos que enriquecieron dicho sistema y aportaron brillantes resultados. Además, fue cambiando la concepción desde un diseño medieval centrado en las líneas hacia un modelo moderno de generación de superficies.

La geometría de los arcos ovales

Los arcos carpaneles u ovales (figura 1), se caracterizan por tener dos semiejes mayores (A), un semieje menor (B) y tres centros de curvatura, aunque los radios de curvatura son únicamente dos (R_i , para la curvatura de los arranques o inferiores; R_s , para la curvatura de coronación o superior), puesto que el arco es simétrico

respecto del semieje menor. El punto de tangencia (T) define el cambio de curvatura.

El conocimiento geométrico sobre los óvalos en la edad media no permitía disponer de un método general de trazado dados sus ejes. Sin embargo sí se conocen algunos métodos particulares.

Robert Willis destaca dos métodos para trazar un conjunto de arcos con una misma curvatura inferior (R_i), dados su arranque P_1 y un punto de llegada P_2 (figura 2). El primero supone que el punto de tangencia (T) es conocido, por lo que la curvatura superior (R_s) es la variable a determinar. El segundo, supone que la curvatura superior (R_s) es conocida, por lo que la variable es el punto de tangencia (T).

Otro tipo de procedimiento usado en la época medieval para el trazado de arcos ovales es el basado en la división del eje mayor (A) en un determinado número de partes, tomando una de ellas como la curvatura inferior (R_i). La curvatura superior es un múltiplo de la inferior (figura 3).

BÓVEDAS REBAJADAS Y ARCOS CARPANELES

En el presente análisis, se ha estudiado el caso de la bóveda del coro del convento de San Juan de los Reyes (Toledo). Esta bóveda de crucería rebajada está ligada a una tipología de iglesias conventuales surgida a finales del siglo XV, en pleno periodo de transición

del mundo medieval al moderno (figura 4). Tras un levantamiento topográfico se ha realizado un proceso de ajuste de la realidad actual deformada para obtener una interpretación de la construcción inicial y su traza geométrica. El resultado de este proceso de ajuste es un modelo de bóveda trazada a partir de los hipotéticos procesos medievales. Se distinguen dos tipos de arcos, los principales (ojivos, perpiños y formeros), que son arcos ovales completos, y los secundarios (terceletes y ligaduras). Mientras que las ligaduras son arcos escarzanos de una única curvatura, el presente análisis se ha centrado en los terceletes, que son fragmentos de arcos ovales.

Arcos principales

En la Edad Media no se conocía un método general para trazar un óvalo dados sus dos ejes (o sea, su luz y su flecha), y por ello los arcos principales se han ajustado a óvalos trazados por el método de división del eje mayor en partes iguales. Aplicando este método, el eje menor queda unívocamente determinado al establecer el eje mayor (que coincide con la distancia entre los apoyos del arco). Es decir, la planta del edificio determina la flecha del arco, sin posibilidad de variarla, lo cual implica una mayor rigidez del diseño.

Existen algunos arcos con tangente no vertical en la salida, sino inclinada, de modo que sus puntos de arranque no determinan el eje mayor. Sin embargo, como se ha visto anteriormente, para aplicar el método es necesario conocer dicho eje (de modo que se pueda dividir en partes). Ante la pregunta de cómo podrían haber sido trazados dichos arcos, es razonable pensar en un proceso en dos fases (figura 5). En primer lugar se realizaría un trazado por el método conocido de división en partes del eje mayor, obteniéndose el óvalo



Figura 4: Bóveda del coro del convento de San Juan de los Reyes

completo, y luego se ajustaría en altura. Este ajuste podría consistir bien en subirlo (mediante un peralte, sin modificar el eje mayor que sí coincidiría con la luz del arco resultante), o bien en bajarlo (de modo que el arco se cortaría, la luz sería ligeramente menor que el eje mayor, y la tangente de salida no sería vertical sino inclinada). Si bien la disminución de la luz no es significativa, y esta pequeña modificación podría resolverse a posteriori sin dificultad en la composición de los apoyos de la bóveda (piezas de jarjas), la variación de la flecha (eje menor), sí es considerable, y afecta a la curvatura de los rampantes y por lo tanto a la forma de la bóveda. De este modo, podría solventarse la rigidez del diseño anteriormente mencionada, que determina la flecha del arco en función de su luz, y con este sistema de ajuste se conseguiría una mayor versatilidad y flexibilidad a la hora de diseñar la forma tridimensional de la bóveda sin estar tan condicionada por la planta.

Arcos secundarios

Los arcos terceletes presentan una singularidad al no ser arcos completos. Por ello no se puede usar el método anterior. Si se compara la altura del nivel de las jarjas (donde cada nervio se separa de sus contiguos) en la bóveda y el punto de tangencia (T) en los arcos obtenidos del ajuste, se podría deducir que dicho punto coincide con el nivel de las jarjas (figura 6). Esta hipótesis se fundamenta en una sólida razón constructiva, puesto que al coincidir estos dos puntos, todas las piezas de la jarja (donde los nervios aún permanecen juntos y solidarios) estarían talladas con una curvatura (R_i), mientras que una vez que cada nervio se independiza, tendría otra curvatura (R_s). Es decir, los nervios como elementos individualizados, sólo tendrían una curvatura, con las ventajas que ello supone, ya que sólo habría que tallar dovelas de un tipo. Asumiendo esta hipótesis, se han trazado los terceletes siguiendo los métodos de Willis expuestos en el apartado anterior.

CONCLUSIONES

A la vista del análisis realizado se pone de relieve el profundo conocimiento de la geometría y el ingenio constructivo requerido para crear esta bóveda. Efectivamente, se puede apreciar un auténtico catálogo de recursos geométricos en el diseño de sus nervios. No hay que olvidar que la premisa de partida está condicionada por la escasa altura a la cual debe situarse la bóveda y por tanto que la forma debe ser rebajada; es decir, hay un criterio de diseño funcional. Conscientes de las limitaciones que imponía el no conocer un método general de trazado de óvalos, los maestros medievales supieron desarrollar un método alternativo que les permitiera diseñar óvalos con la flecha deseada sin estar condicionados por la planta, y de este modo generar unos

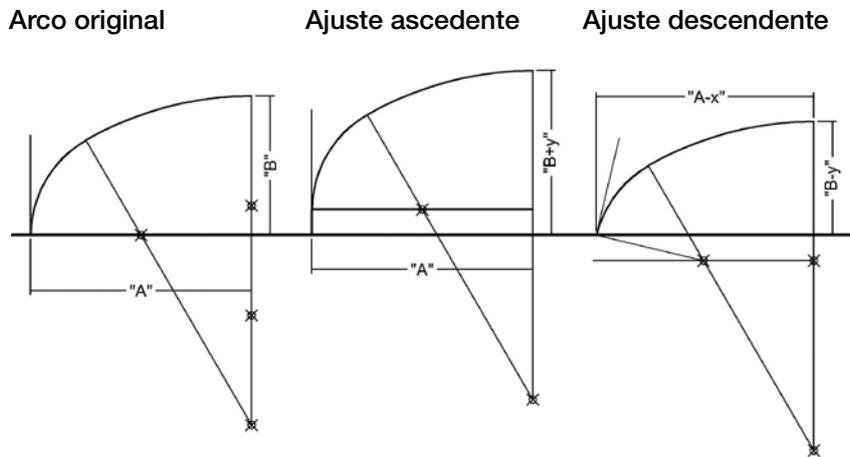


Figura 5: Ajuste de arcos

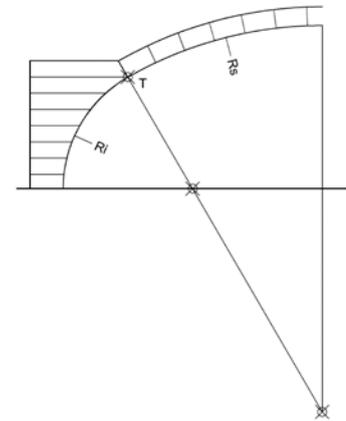


Figura 6: Disposición de las jarjas

rampantes independientes de la proyección horizontal de la bóveda. También se añadía la posibilidad de variar las curvaturas de arranque y el punto de tangencia de un arco tercelete aunque los puntos de inicio y final fueran los mismos, pudiendo generar distintas geometrías a partir de idénticos condicionantes. Por todo ello, se puede establecer la existencia de una idea previa de la forma que la bóveda debía tener, de modo que primero se determina la superficie y posteriormente las líneas que se van a construir sobre ella. Este proceso bajomedieval sigue el orden inverso al que se tenía en épocas anteriores, correspondientes al gótico clásico del s.XIII, cuando en primer lugar se determinaban las líneas de los arcos. Este cambio de mentalidad responde en cierta medida al periodo de transición entre el mundo medieval y el mundo moderno, donde las ideas clasicistas en las que predominan las superficies frente a las líneas están surgiendo con fuerza.

Los cambios que se están produciendo en este periodo de transición no se deben únicamente a causas formales o ideas estéticas. Como se ha puesto de manifiesto, hay criterios funcionales, y además se observa un desarrollo tecnológico en estas construcciones. Excepto

las ligaduras, todos los nervios son arcos carpaneles, de modo que con un único tipo de arco puede materializarse la geometría global de la bóveda. Además, se aprecia un intento por unificar las curvaturas en la medida de lo posible, de modo que se disminuye el número de cimbras necesarias para apea los nervios. Por otro lado, se ha detectado la igualación, en la medida de lo posible, de la altura del punto de tangencia de los arcos con el límite superior de las jarjas, lo que supone una gran ventaja constructiva.

De este modo, se entiende la evolución de la arquitectura gótica no sólo como un cambio meramente estilístico, sino también como un desarrollo en la tecnología de la construcción, un progreso en el conocimiento geométrico de las formas y las superficies, así como un cambio en la mentalidad de la sociedad del momento.

BIBLIOGRAFÍA

- Gómez Martínez, Javier (1998): *Bóvedas de crucería. El gótico español de la edad moderna. Universidad de Valladolid*
- Huerta, Santiago (2007): *Oval Domes: History, Geometry and Mechanics. Nexus Network Journal. Volumen 9*
- Palacios Gonzalo, José Carlos (2005): *Las bóvedas de crucería rebajadas: criterios de diseño y construcción. Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción, vol. 2*
- Rabasa, Enrique (2000): *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX. Akal*
- Varios autores (1992): *Arquitecturas de Toledo. Volumen 1. Junta de Comunidades de Castilla La Mancha.*
- Viollet-le-Duc, Eugene (1996): *La construcción medieval. Instituto Juan de Herrera*
- Willis, Robert (1842): *On the construction of the vaults of the middle ages. Royal Institute of British Architects.*