

Geometría y construcción en la iglesia arciprestal de Sant Mateu (Castellón): las trazas de los sistemas abovedados

Alba Soler Estrela
Manuel Cabeza González
María Jesús Máñez Pitarch
Beatriz Sáez Riquelme

En el año 1319, durante el reinado de Jaume II, Sant Mateu pasó a pertenecer a la Orden de Montesa y se convirtió en residencia real y capital de la comarca del Maestrazgo. Comenzó aquí una floreciente época medieval en la que fue un importante centro comercial, ganadero y artesanal exportándose la lana a los telares de Florencia y su región.

San Mateu tuvo un destacado papel histórico celebrándose las Cortes Generales del Reino de Valencia en reiteradas ocasiones durante el siglo XV. Importantes personajes visitaron su población, como San Vicente Ferrer, Clemente VII, Felipe II y Benedito XIII más conocido como el Papa Luna, quien fue su señor temporal.

Sobre una iglesia originaria del siglo XIII, se eleva la impresionante iglesia arciprestal. Su nave única, cabecera poligonal y capillas absidiales, construidas entre los siglos XIV y XV, ocupan un lugar destacado dentro del gótico valenciano por la belleza de sus espacios y excelente factura, en correspondencia con su importancia histórica. Respecto a los maestros constructores se sabe que la cabecera fue realizada por Bernat Dalguaire y Domingo Prunyonosa, que trabajaban al mismo tiempo en la Iglesia de Morella y en la catedral de Tortosa (Zaragozá 2005). Sus obras y personalidad están a la espera de un merecido estudio.

Esta iglesia acogió a lo largo de los siglos las ceremonias de vasallaje ante los Maestros de Montesa pero el acontecimiento más importante sucedido fue el final del Cisma de Occidente. El 15 de agosto de

1429, en su templo arciprestal, Clemente VIII sucesor del Papa Luna, renunció a sus derechos al papado ante Pere de Foix, legado del Papa Martín V, acabando de este modo el cisma de la iglesia occidental.



Figura 1
Vista interior de la iglesia

El presente trabajo centrado en los sistemas de abovedamiento únicamente estudia las fases de la iglesia del XIV y XV, sin analizar las capillas y salas que se han adosado en épocas posteriores.

METODOLOGÍA DE ESTUDIO

La investigación comienza con la toma de datos realizada mediante tecnología escáner, concretamente un escáner terrestre 3D basado en pulsos, con láser invisible de clase uno de largo alcance y precisión de 4 mm en un rango de escaneo hasta 150 m y angular de 6" (2,0 mgon), asociado con una cámara digital de 2.0 Mega píxeles integrada, alineada coaxialmente.

Se han situado los distintos estacionamientos con la intención de sortear las sombras producidas por el mobiliario y los propios elementos del edificio, tomando nubes de puntos generales y de detalle obteniéndose una cantidad bruta de varios millones de puntos para todo el conjunto. Para cada uno de los puntos se obtienen las coordenadas (x y z), pero además la cámara interna permite asociar el color del pixelado fotográfico a los puntos obtenidos y mapear sobre la triangulación de la nube de puntos las fotografías tomadas, obteniendo así un modelo virtual del objeto estudiado.

Los posteriores trabajos y la correcta utilización de los datos obtenidos mediante esta tecnología permiten generar un riguroso levantamiento de planos, que es la base de toda una serie de estudios que permiten avanzar en el conocimiento de la geometría y construcción de la iglesia. El presente artículo define los trazados teóricos que guiaron su construcción. Se toma como referencia el contexto tecnológico del oficio de la cantería en el momento de su construcción, y de la arquitectura gótica mediterránea. En concreto se han definido las trazas de los sistemas abovedados tanto en planta, para la situación de los distintos elementos, como en vertical, para determinar los alzados y directrices de los nervios.¹

LAS TRAZAS

Tratando de seguir el proceso generador que conforma los espacios, a partir de los datos obtenidos mediante el levantamiento, se analizan los criterios que pudieron inspirar el trazado de la iglesia, profundi-

zando en el conocimiento de la geometría del sistema de abovedamiento del templo.

Con el objetivo básico de obtener determinados parámetros, el levantamiento en planta representa esquemáticamente la proyección horizontal del eje de los nervios y arcos, las claves y los «polígonos modulares» formados por líneas perimetrales que representan planos de referencia respecto al que se posicionan los elementos constructivos del sistema abovedado. El conjunto de líneas anteriormente descrito constituye la trama modular.

Las trazas horizontales

Una vez decidido el tipo de iglesia de nave única, el maestro constructor debió definir el ancho de la nave y marcar su eje de simetría perpendicular. La cabecera se desarrolla a partir del pentágono fundamental que toma el ancho de la nave como diagonal del pentágono regular que constituiría la trama modular básica del ábside (conviene recordar que en el pentágono la relación entre la diagonal y el lado es el número áureo). Es significativo comprobar como en el centro del círculo circunscrito se sitúa la clave polar del ábside y en el vértice del pentágono, situado sobre el eje longitudinal, la clave polar del primer tramo. Este desarrollo es de gran relevancia para la traza del espacio centralizado del ábside y de la nave.

El lado superior del pentágono regula la apertura de la capilla mayor y los lados laterales se descomponen siguiendo la traza decagonal para posicionar las capillas absidiales y de cuyos vértices arrancan las diagonales que concurren en la clave polar del ábside. La descomposición del lado del pentágono, para obtener el decágono, se produce de forma que el lado del decágono es ortogonal al eje mayor en su encuentro y por lo tanto coincidente con la alineación de la nave.

Adaptando el trazado decagonal al pentagonal, en el lado de la capilla mayor, se posiciona la clave de terceletes del ábside, sobre el eje y en la intersección de las diagonales, para compensar la ausencia del nervio intermedio y a la vez elevar la plementería.

Como se ha descrito en el apartado anterior, las capillas absidiales se posicionan sobre los lados del decágono. Están formadas por cinco lados pertenecientes a un octógono regular situando en el centro del mismo la clave polar donde concurren los seis

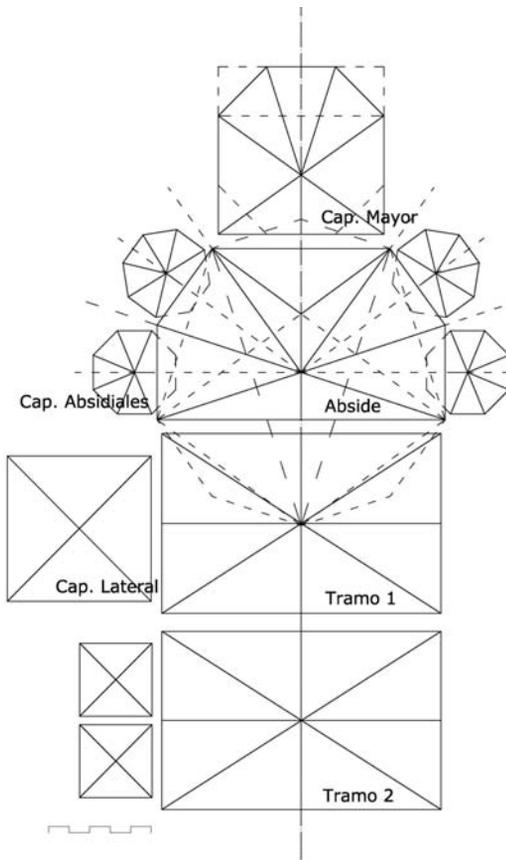


Figura 2
Las trazas horizontales

nervios diagonales y uno de ligadura².

Para la creación de la Capilla Mayor, el ábside se dilata vaciando el lado central del pentágono (que correspondería a dos capillas siguiendo el decágono), esta disposición ampliada prolonga armónicamente el ábside, con unas dimensiones que jerarquizan los espacios adecuadamente. La trama de la planta de esta capilla parte de un cuadrado cuya dimensión proviene del lado del pentágono fundamental y que se descompone en una cabecera achaflanada con tres lados del octógono inscrito y un tramo rectangular, cuya profundidad y anchura están relacionadas por la diagonal del cuadrado. La clave polar recibe los seis nervios diagonales y uno de ligadura. Su posición no se corresponde con el centro del octógono, sino que

se desplaza para situarse en la intersección de las diagonales del tramo rectangular resultante. De esta forma se resuelve una planta en la que es imposible situar la clave de forma que se obtengan nervios iguales.

El primer tramo de la nave es de planta rectangular. Considerando el ancho de la trama modular como la distancia entre los paramentos laterales, y como profundidad la distancia interior entre arcos perpiaños, se obtiene una relación que tiene el valor de 1.58, próximo a la relación áurea (1.61). Pero si se toma como profundidad la distancia entre los ejes, el valor es prácticamente la del rectángulo de proporción 2:3, conocido como sesquiáltero, y que se recoge como una de las proporciones más frecuentes en el tratado de Simón García (Palacios 2009). Consideramos como más probable que el maestro siguiera esta proporción tomando como medidas de diseño 40×60 palmos valencianos.³

El sistema de abovedamiento es formalmente octopartito, aunque constructivamente responde a bóvedas cuatupartitas soportadas por nervios diagonales que se unen en la clave central, a los que se han añadido unos nervios de ligadura, de rampante sensiblemente horizontal, estrictamente innecesarios.

En el lado del evangelio se abre una capilla lateral, que toma como anchura la distancia entre los paramentos interiores de los contrafuertes preexistentes que se prolongan hasta definir una planta cuadrada. La clave polar se sitúa en el cruce de los nervios diagonales y junto a los paramentos se sitúan los nervios formeros.

El segundo tramo de la nave es de características dimensionales y constructivas similar al primer tramo, si bien la planta rectangular se deforma trapezoidalmente debido a la preexistencia de un muro diafragma de la iglesia del siglo XIII no derribado y cuyo paramento hace de falsa fachada de la iglesia gótica, ya que la edificación se prolonga conservando dos tramos de la iglesia inicial. En el lado del evangelio, el espacio entre contrafuertes es compartimentado para alojar dos pequeñas capillas, de planta cuadrada que repiten el mismo repertorio a una escala menor.

La iglesia de nave única, presenta la característica de carecer de pilastras exentas, tan representativas de la arquitectura medieval. El resultado es un espacio completamente diáfano y focalizado hacia la cabecera. No obstante, en el ábside todos los contrafuertes

se maclan parcialmente en su cabeza con pilastras circulares, que reciben los nervios de las bóvedas mediante una intersección que reproduce puntualmente con columnillas una sección horizontal que se corresponde con el bocel inferior de los nervios. Las columnillas se rematan superiormente con un capitel coronado con un ábaco poligonal a partir del cual se inician los enjarjes de los nervios. Esta solución se encuentra no sólo en el ábside sino en todas sus capillas, la mayor y las absidiales. En la nave, los nervios se elevan desde ménsulas empotradas en los muros a gran altura, su planta volada es circular para contener el inicio de los enjarjes de los nervios. Esta planta circular es compatible con cualquier solución ya que

permite resolver múltiples encuentros según alineaciones de ángulos muy variables.⁴

Tanto el encuentro del ábside con la capilla mayor como con el tramo primero de la nave se produce duplicando la pilastra circular que sirve de arranque a los arcos perpiaños que separan estos espacios.

LAS DIRECTRICES DE LOS NERVIOS

Para que el cantero pudiera iniciar sus trabajos necesitaba conocer la sección de todos los arcos y nervios con sus dimensiones y molduras, es decir, la plantilla de testa o «el perfil» y además la curvatura del intradós.⁵

En este epígrafe nos situaremos en el lugar del maestro gótico y su contexto técnico a la hora de definir el trazado de los nervios, para lo que se utilizarían dibujos que serían esquemáticos y al mayor tamaño posible. Tenemos noticias a través de contados casos (De la Rosa 1987), que indican que solían realizarse en la propia iglesia o alguna era próxima. También son conocidos diversos pergaminos de maestros españoles que nos permiten analizar en detalle los trazados y el pensamiento que los guía (Rabasa 2000).⁶

En planta representarían la proyección horizontal de los ejes de los nervios, definida entre las claves y los vértices del polígono de referencia (trama modular). A partir de la planta trazarían la «elevación» proyección frontal en verdadera magnitud definiendo las curvaturas (radios) y posición de los centros. Las trazas y diseños anteriores son suficientes para que el cantero pudiera ejecutar todas las dovelas, habitualmente iguales en cada nervio o arco.

Profundizaremos y detallaremos esta cuestión. Para definir la plantilla de intradós de las dovelas, en planta hay que posicionarse a una cierta distancia del vértice, coincidente con el arranque del intradós de cada nervio. Esta distancia depende de la anchura, canto y perfil de las dovelas, que por razones constructivas y de estabilidad deben empotrarse en el muro o pilastra para realizar las primeras hiladas o enjarjes.⁷

Con los datos obtenidos a partir del levantamiento mediante escáner láser se realiza un estudio de los distintos nervios y sus criterios de trazado, deduciendo la distancia al vértice de cada abatimiento y las curvaturas. La información obtenida mediante la nube de puntos del levantamiento permite plantear

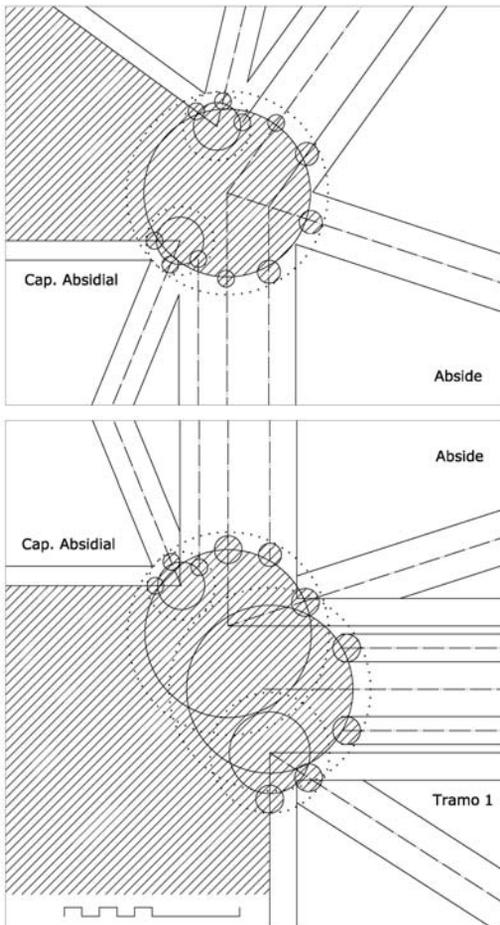


Figura 3
Pilastras y arranques de los nervios

un análisis de las desviaciones del estado real respecto a trazados teóricos, así como ciertas interpretaciones respecto a su ejecución.

- Ábside: Como se ha explicado en el apartado anterior, la planta está basada en el pentágono y decágono asociado, en cuyo centro se sitúa la clave mayor en el que concurren los nervios radiales. La directriz del intradós del arco perpiño que conecta con la nave de la iglesia, responde con gran aproximación a un trazado teórico de un arco apuntado con centros en el nivel de las ménsulas de arranque y radio igual a $2/3$ de la luz. Paralelo a él discurre el nervio formero del ábside, que al ser de mayor radio queda interrumpido antes del nivel de arranque, al ser absorbido por los nervios diagonales. Estos seis nervios parten de capiteles a la misma altura que el perpiño, y se resuelven con el mismo radio que los formeros adosados a él. De esta forma se obtiene un mismo nivel para la clave polar y para la clave del formero, lo que da como resultado un rampante horizontal. Los nervios de tercelete introducen cierta complejidad al trazado, y para resolver la directriz forzada por la clave, necesitan la utilización de un radio mayor al que regula todo el trazado.
- Capilla Mayor: Al igual que en el ábside, si comenzamos el análisis por el intradós del arco perpiño de embocadura, obtenemos un trazado apuntado con radio igual a $2/3$ de la luz. Paralelamente discurre la directriz del nervio formero. Como se ha visto en el apartado anterior al analizar la planta, la geometría de esta capilla no permite que la distancia de la clave a los vértices sea la misma para todos los nervios, debido al achaflanado octogonal parcial del cuadrado. En cambio la directriz de todos los nervios es de traza circular del mismo radio. Para corregir las pequeñas diferencias de longitud entre ellos, debida a la posición de la clave polar, los centros varían ligeramente su posición, pero siempre muy próxima al eje.
- Capillas absidiales: Partiendo de la planta que corresponde a los cinco lados de un octógono, el arco de acceso desde el ábside tiene un intradós de directriz apuntada que, una vez más, tiene sus centros a la altura del arranque y ra-

dio igual a $2/3$ de la luz. El formero adosado discurre paralelamente, con el mismo centro aunque con el radio lógicamente mayor. En la clave, situada en el centro del octógono, muestran los nervios diagonales que también responden al mismo trazado apuntado. En este caso, su luz es mayor que la del formero perpiño, lo que obliga a que el radio se algo mayor, y por lo tanto la altura de la clave.

- La nave: El primer tramo es de planta rectangular, con clave central en el cruce de los nervios diagonales y los de ligadura. Perimetralmente unos nervios formeros resuelven la intersección de la plementería con los paramentos o con los arcos perpiños. La directriz de los arcos diagonales, se aproxima al medio punto pero el preciso levantamiento realizado indica en realidad un arco ligeramente apuntado al incrementar al radio algo más de 50 cm, lo que coincide con uno de los criterios observados por Viollet-le-Duc, según el cual el radio se incrementa una distancia equivalente al canto. De la misma forma que sucede en el ábside, los formeros transversales discurren en paralelo al arco perpiño anteriormente descrito, y su radio es el mismo que el del intradós de los nervios diagonales. El nervio de ligadura transversal es prácticamente horizontal (desnivel de 30 cm), de directriz rectilínea sobre el eje de la plementería. El nervio de ligadura longitudinal presenta la anomalía de que el arco perpiño entre el tramo primero y segundo de la nave, está 56 cm por debajo del perpiño entre el ábside y el tramo primero. Esto provoca que la clave se posicione a un nivel intermedio y no una cota superior como es habitual. Los nervios de ligadura son de trazado recto inclinado siguiendo estos niveles. El segundo tramo de la nave tiene los mismos criterios de trazado, pero adaptados a una planta irregular trapezoidal para absorber las preexistencias, puesto que se encuentra con un arco diafragma de la iglesia anterior que no es paralelo al trazado de la iglesia del siglo XIV y XV que estamos analizando.
- Capilla lateral: Se sitúa junto al tramo primero de la nave. Su bóveda de planta cuadrada, presenta una clave central, cruzada por los nervios diagonales. A lo largo del perímetro discurren

los nervios formeros. Los nervios diagonales son arcos de medio punto y los nervios formeros se resuelven con arcos apuntados con arcos con radio igual a $2/3$ de la luz, no coincidente sino algo menor al de los ojivos. Esta disposición permite que el rampante que viene definido por el extradós de los nervios diagonales y formeros aumente su inclinación, solución constructivamente más recomendable.

- La plementería: Merece un estudio específico que no es posible desarrollar con las limitaciones de este artículo. La plementería que cubre los espacios abovedados proviene de la bóveda

de arista, pero no es de dovelas paralelas de ancho uniforme, debido a que la puesta en obra no se hace avanzando con arcos desde los formeros o perpiaños y paralelos a ellos. Se voltea «a la francesa» apoyando las dovelas entre los nervios formeros o perpiaños y en los diagonales. Esta disposición obliga a dividir el extradós de los nervios ojivos y los formeros o perpiaños en el mismo número de partes iguales coincidentes con las hiladas de dovelas de la plementería, cuya geometría no está exenta de complejidad, motivo por el que se aplaza su estudio.

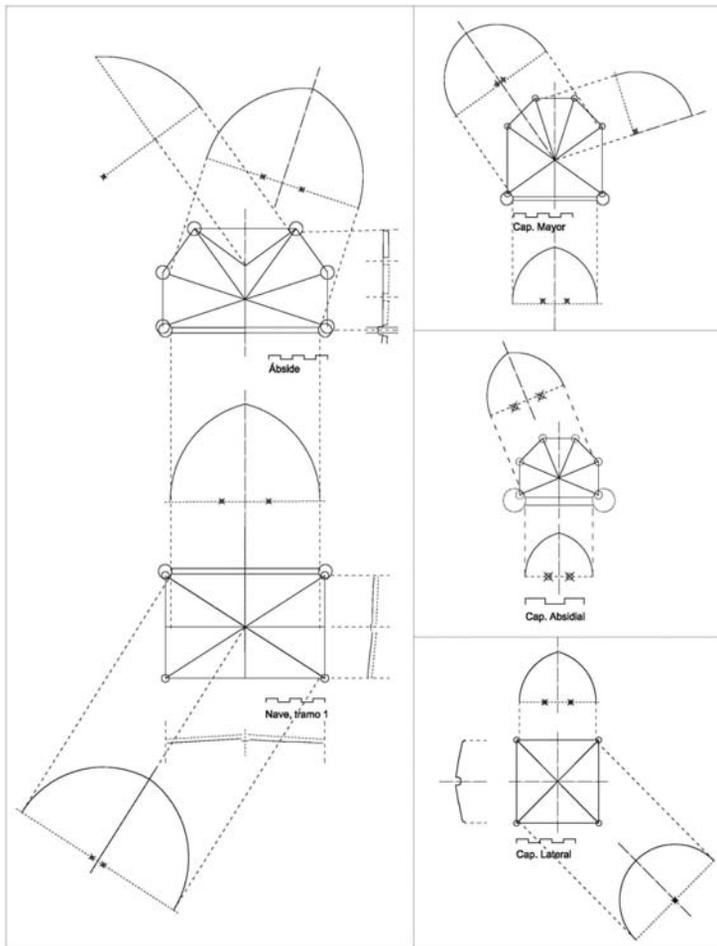


Figura 4
Las directrices de los nervios

CRITERIOS DE INTERPRETACIÓN

A lo largo del artículo se han definido los trazados teóricos de las distintas partes de la iglesia, partiendo del levantamiento realizado, que recoge la geometría del edificio real construido, afectado por posibles desplomes, asientos, desviaciones y tolerancias de ejecución, incluso adaptación a preexistencias.

Dentro de la metodología, se ha comenzado por el trazado teórico de la planta, a partir del cual se han buscado las directrices de los arcos siguiendo ciertos criterios. Por razones constructivas contrastadas y comúnmente aceptadas, las directrices de los arcos y nervios serían curvas circulares y la tendencia es que todos los elementos de una misma bóveda se resolvieran con el mínimo número de baiveles. El arranque vertical de los nervios, obliga a que el centro se posicione sobre la horizontal definida por la línea de imposta, o cara superior de los capiteles o ménsulas. Teniendo esto en cuenta, sobre el trazado real obtenido mediante el levantamiento para cada nervio, se ha dibujado el arco de circunferencia a través de tres puntos lo más representativos (normalmente dos en los extremos y uno central)⁸.

De modo general, la correspondencia del estado real de la iglesia con los trazados teóricos, es buena. No obstante en algunos casos ha sido necesario admitir ciertas desviaciones que se indican a continuación.

Respecto de la planta, cabe señalar que se ajusta con bastante exactitud a una geometría ideal, con las siguientes excepciones. En el ábside la situación de las claves presentan una ligera desviación frente a la ideal al estar desplazadas hacia los pies de la iglesia unos 15cm. La parte octogonal de la capilla mayor presenta un leve giro respecto al polígono ideal. Los arcos perpiños, en su proyección en planta muestran cierta deformación al manifestar una ligera curvatura. Por último, y como ya se ha indicado el tramo segundo de la nave presenta un trazado irregular en su encuentro con las preexistencias.

Respecto del trazado vertical, las directrices ideales de arcos de círculo se ajustan por lo general con gran exactitud, tan solo hay que señalar ciertas desviaciones respecto a la situación del centro sobre la línea de impostas, como es el caso de la capilla mayor en el que los centros se sitúan algo elevados. También existen ciertas deformaciones respecto al círculo, como en los nervios de la capilla mayor y los

de tercelete del ábside. Respecto al trazado de los arcos apuntados, la regla observada de radio igual a 2/3 de la luz se respeta aceptando unas tolerancias debidas a la ejecución.

Por último, llama la atención en una sección longitudinal por el eje, el descenso en la altura de los perpiños hacia los pies de la iglesia, lo que hace que el ram-pante en este sentido siga esa directriz descendente.

CONCLUSIONES

1. Levantamiento. La metodología de levantamiento mediante escáner láser permite recoger una enorme cantidad de datos en poco tiempo. Se obtienen las coordenadas x,y,z, de una gran cantidad de puntos, lo cual supone un modelo en 3 dimensiones de la geometría real de la iglesia, muy diferente de otros tipos de levantamiento. A partir de aquí es necesario seleccionar los datos para obtener la información que se busca, en concreto para el desarrollo de este trabajo, las vistas en diedrico y la verdadera magnitud, sobre las que se han dibujado las trazas de la iglesia, cuya definición no es inmediata sino que obliga a adoptar una serie de criterios y aceptar unas ciertas tolerancias debidas a la ejecución.

2. Geometría. La traza de la planta, especialmente la cabecera, con la situación de los centros de los círculos generadores, demuestra un dominio avanzado de principios compositivos, proporciones y simetrías. Las partes se relacionan armónicamente mediante las leyes de la geometría que despliega círculos, cuadrados, octógonos, pentágonos y decágonos, todos asociados en un equilibrio de intersecciones y adiciones entre el todo y las partes.

El maestro constructor emplea una geometría de origen vitrubiano de correspondencias numéricas del número 4, cuadrado y octógono. Es de resaltar la aplicación del pentágono, polígono asociado a aspectos esotéricos en el mundo gótico y al que atribuyen la perfección mística y estética, insertándose de este modo en las proporciones y composiciones recogidas por Vilard de Honnecourt.

Es sabido que en el gótico, los sistemas de abovedamiento se generan dividiendo la superficie en triángulos mediante nervios o arcos diagonales, dispuestos recíprocamente para que se contrarresten en la clave. Hay que destacar la aparición de un tercelete,

para poder elevar el formero de la capilla mayor, eliminando un ojivo. Esta solución utiliza una fórmula de bóveda estrellada, que en cambio no se emplea en la capilla lateral del evangelio del crucero.

3. Elevaciones. Definida la planta, las elevaciones se iniciarían trazando las directrices de intradós de los arcos perpiños y de acceso a las capillas y estos definirían los formeros asociados. A continuación se proyectaría la altura de las claves y se completaría el resto de los nervios con directrices resultantes de la aplicación de las reglas del oficio de cantería.

Respecto a las correspondencias entre los trazados teóricos y los aplicados en la iglesia de Sant Mateu destacamos los siguientes:

Sobre el trazado de arcos apuntados, aunque a lo largo del gótico se han utilizado de distintos tipos, el conocido *tiers point* ha sido aplicado a determinadas proporciones (Rabasa 2000), una de ellas, la del radio equivalente a dos tercios de la luz, es la que se ha utilizado en la iglesia de Sant Mateu (arcos perpiños nave, arcos de acceso a la capilla mayor y capillas absidiales, formero capilla lateral). A partir de este trazado se definen los nervios de las distintas partes de la iglesia, con los criterios enunciados en el párrafo anterior.

Otro de los trazados ideales descritos por Viollet-le-Duc para arcos apuntados, es el resultante de, a partir de un arco de medio punto, incrementar la luz una dimensión equivalente al canto, lo que da lugar a arcos ligeramente apuntados, como los de las diagonales de la nave.

4. Cantería. La materialización de los sistemas de abovedamiento se plasma mediante la técnica de la cantería, quedando la ejecución en manos de la figura del cantero o *picapedrer* del mundo medieval. El conocimiento teórico de la geometría es limitado frente al posterior mundo renacentista de la sillería y está basado en la aplicación de la geometría lineal, molduras planas y sencillos abatimientos. El proceso de ejecución se basaría en dibujar a gran tamaño, las proyecciones (horizontales y verticales), y las secciones y abatimientos de las diversas partes de la construcción para que el maestro cantero pudiera trasladarlo a los bloques de piedra, mediante baiveles.

COMENTARIO FINAL

Cuando se pretende avanzar en el conocimiento de la arquitectura, más allá de los estudios históricos, o estilísticos, para profundizar en la historia de la construcción, en este caso del sistema constructivo de los abovedamientos, es necesario apoyarse en un levantamiento geométrico que debe recoger las desviaciones y la geometría real.

Con esto no quedan resueltos automáticamente los problemas, ya que para el estudio en detalle de los componentes constructivos es preciso el conocimiento de los oficios y fundamentalmente de los principios que rigen el arte y la ciencia de la construcción. Sirven de referencia los magníficos estudios de Viollet-le-Duc, su minuciosidad al abordar los procesos de construcción y la descripción y representación gráfica de todos los elementos constructivos, compatibles con un trazado general.

NOTAS

1. El trabajo forma parte del proyecto de investigación «Metodologías y técnicas aplicadas a la investigación arquitectónica del gótico mediterráneo. Estudio de casos» (Referencia: P1-1A2010-18). Financiado por la Fundació Caixa Castelló-Bancaixa, y del que además de los autores de este artículo forman parte los investigadores José Teodoro Garfella y Angel Miguel Pitarch Roig, y la alumna Elena Luis Casanova.
2. Si continuáramos el trazado de las cuatro capillas absidiales existentes, completando todos los lados el decágono de referencia, tendríamos una planta similar al tempo centralizado del tipo de la Minerva Medica, o ninfeo de los Hortus Liciniani construcción del siglo III cuyas ruinas se conservan, tan admirado y reproducido especialmente a partir del siglo XVIII con el academismo.
3. Para obtener la geometría de los distintos componentes (fig. 2) y relacionar las dimensiones de las partes, es necesario tener en cuenta los espesores de las pilastras y arcos perpiños (fig. 3) Esta aproximación es necesaria para conocer el trazado real del intradós de los nervios.
4. (Viollet-le-Duc 1868) En la palabra *Trait*, p 207, fig3. Tome huitième. Analiza las pilastras de las catedrales de Paris, Reims, Saint Denis, trazando el posicionado de todos los nervios y arcos a partir de las proyecciones horizontales y de su perfil. También en la

- palabra *Pilier*, p 170, figs 15, 16, p.172, fig 17, Tome septième realiza un profundo estudio sobre el tema.
5. (Viollet-le-Duc 1868) Palabra *profil*, pg483 a 532, Tome septième.
 6. (Rabasa 2000) En el pergamino de Hernán Ruiz, este dibuja el proceso del trazado de una bóveda de crucería estrellada. Las elevaciones las realiza no respecto a las diagonales y lados del cuadrado (trama modular), sino marcando el intradós que se sitúa a una cierta distancia del vértice. Rabasa realiza un excelente análisis del citado levantamiento, a través de la lectura directa del manuscrito y describe los tanteos realizados.
 7. (Viollet-l-Duc 1868) A lo largo de su extenso diccionario representa esquemas de bóvedas de crucería en la que las elevaciones de los arcos son del intradós y no del perímetro. Es decir el abatimiento no se realiza desde el vértice. Palabra *Voutes*. Fig 49ter.
 8. Para la deducción de la directriz real se parte del supuesto de que es una curva circular. La incógnita son los radios, y la posición del centro, su nivel teórico es la cara superior de los capiteles, pero por dificultades durante la ejecución su cota puede variar ligeramente lo que introduce una incertidumbre. Como la clave oculta la parte superior de la directriz de los nervios y el

arranque ofrece dificultades de observación, la determinación del radio con tres puntos de la directriz real puede dar un valor con pequeñas desviaciones.

LISTA DE REFERENCIAS

- Palacios Gonzalo, José Carlos. 2009. *La cantería medieval. La construcción de la bóveda gótica española*. Ediciones Munilla-Leria.
- Rabasa Díaz, Enrique. 2000. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XX*. Akal-textos de arquitectura.
- Ruiz de la Rosa, José Antonio. 1987. *Traza y simetría de la arquitectura en la antigüedad y Medioevo*. Publicaciones de la universidad de Sevilla.
- Viollet-le-Duc, Eugene. 1868. *Diccionario razonado de la arquitectura francesa siglos XI a XVI*. Bibliothéque de l'Image (1997).
- Zaragozá Catalán, Arturo. 2005. «La iglesia arciprestal de Sant Mateu». *Boletín del Centro de Estudios del Maestrazgo* 73.

