

Armaduras ocultas de madera en tratados españoles y franceses

Rafael Hernando de la Cuerda

En la *Historia de la Arquitectura* de Auguste Choisy (1899), cuando describe la construcción de armaduras de madera de la Arquitectura Gótica, nos explica como se modifican las cubiertas de protección de las bóvedas, cuando se las destina a permanecer visibles. Este aspecto en la construcción de armaduras de madera es el que guía el presente estudio que forma parte de un proyecto de investigación más amplio que pretende analizar los sistemas constructivos, su evolución, y sus similitudes y diferencias en los medios que se utilizan, en las armaduras de madera cuando se plantean para que queden ocultas, y cuando se las destina para que queden visibles (Choisy [1899] 1980).

Para analizar los sistemas constructivos y su evolución, además de la toma de datos y análisis de las armaduras de madera conservadas, es necesario el estudio de las fuentes escritas y tratados que han llegado a nuestros días, donde se explica, en mayor o menor medida según casos, el proceso de ejecución y como se efectúa su trazado. Los tratados y técnicas de la carpintería que expongo han sido ampliamente estudiados por diversos autores. En este caso únicamente analizo la parte de estos tratados, con armaduras de madera y los factores que determinan o posibilitan que estas queden ocultas o vistas.

Hasta el Renacimiento, salvo algunas excepciones, la transmisión de los conocimientos de arquitectura y construcción se producía, verbalmente o mediante dibujos entre profesionales expertos que habían superado la larga formación de aprendiz, oficial y capaz, y alcanzado el grado de maestro, dentro de cada

uno de los gremios (aprendiz, oficial lacero, y géometa en el gremio de los carpinteros de lo blanco).

Los miembros de los gremios estaban sometidos a regulaciones, entre las que se encuentra la obligación de mantener en secreto los conocimientos adquiridos. Esto, y el hecho de ser manuscritos (la imprenta posteriormente multiplica su difusión), explica que hasta el siglo XVI, dispongamos de muy pocos documentos y textos.

En España las ordenanzas de carpinteros regulaban el oficio de los carpinteros de lo blanco (carpinteros especializados en la construcción) así llamados por utilizar maderas claras (abetos, pinos), de los carpinteros de lo prieto (carpinteros que se ocupaban en las artes industriales y agrícolas) así llamados por utilizar maderas oscuras, (roble, nogal, álamo negro, encina), de los vigoleros (carpinteros de instrumentos musicales), y de los entalladores (carpinteros de tallas y retablos). Estas ordenanzas de los carpinteros que llevaban en vigor muchos años, fueron pregonadas en Granada a principios del siglo XVII, y posteriormente se publicaron en Sevilla en 1632 (Nuere 2001).

La fuente más antigua que se conserva sobre la construcción gótica es el *Álbum* de Villard de Honnecourt (1235 y posteriores) que actualmente dispone de 33 hojas por ambas caras (Erlande-Brandenburg 1991).

A partir del Renacimiento, se publican, tratados generales sobre arquitectura con capítulos de construcción dedicados a la carpintería de armar y algunos tratados específicos de carpintería.

Armaduras ocultas de madera en tratados españoles y franceses

Rafael Hernando de la Cuerda

En la *Historia de la Arquitectura* de Auguste Choisy (1899), cuando describe la construcción de armaduras de madera de la Arquitectura Gótica, nos explica como se modifican las cubiertas de protección de las bóvedas, cuando se las destina a permanecer visibles. Este aspecto en la construcción de armaduras de madera es el que guía el presente estudio que forma parte de un proyecto de investigación más amplio que pretende analizar los sistemas constructivos, su evolución, y sus similitudes y diferencias en los medios que se utilizan, en las armaduras de madera cuando se plantean para que queden ocultas, y cuando se las destina para que queden visibles (Choisy [1899] 1980).

Para analizar los sistemas constructivos y su evolución, además de la toma de datos y análisis de las armaduras de madera conservadas, es necesario el estudio de las fuentes escritas y tratados que han llegado a nuestros días, donde se explica, en mayor o menor medida según casos, el proceso de ejecución y como se efectúa su trazado. Los tratados y técnicas de la carpintería que expongo han sido ampliamente estudiados por diversos autores. En este caso únicamente analizo la parte de estos tratados, con armaduras de madera y los factores que determinan o posibilitan que estas queden ocultas o vistas.

Hasta el Renacimiento, salvo algunas excepciones, la transmisión de los conocimientos de arquitectura y construcción se producía, verbalmente o mediante dibujos entre profesionales expertos que habían superado la larga formación de aprendiz, oficial y capataz, y alcanzado el grado de maestro, dentro de cada

uno de los gremios (aprendiz, oficial lacero, y géometa en el gremio de los carpinteros de lo blanco).

Los miembros de los gremios estaban sometidos a regulaciones, entre las que se encuentra la obligación de mantener en secreto los conocimientos adquiridos. Esto, y el hecho de ser manuscritos (la imprenta posteriormente multiplica su difusión), explica que hasta el siglo XVI, dispongamos de muy pocos documentos y textos.

En España las ordenanzas de carpinteros regulaban el oficio de los carpinteros de lo blanco (carpinteros especializados en la construcción) así llamados por utilizar maderas claras (abetos, pinos), de los carpinteros de lo prieto (carpinteros que se ocupaban en las artes industriales y agrícolas) así llamados por utilizar maderas oscuras, (roble, nogal, álamo negro, encina), de los vigoleros (carpinteros de instrumentos musicales), y de los entalladores (carpinteros de tallas y retablos). Estas ordenanzas de los carpinteros que llevaban en vigor muchos años, fueron pregonadas en Granada a principios del siglo XVII, y posteriormente se publicaron en Sevilla en 1632 (Nuere 2001).

La fuente más antigua que se conserva sobre la construcción gótica es el *Álbum* de Villard de Honnecourt (1235 y posteriores) que actualmente dispone de 33 hojas por ambas caras (Erlande-Brandenburg 1991).

A partir del Renacimiento, se publican, tratados generales sobre arquitectura con capítulos de construcción dedicados a la carpintería de armar y algunos tratados específicos de carpintería.

- Siglo XV. Se publica *De Re Aedificatoria*, el tratado de arquitectura de Leon Battista Alberti (1404–1472) escrito en latín antes de 1452, presentado en esta fecha al Papa Nicolás V y publicado por primera vez en Florencia en 1485 (Alberti 1582).
- Siglo XVI. En este siglo, los textos que nos han llegado tienen un importante carácter teórico. En Francia se publica en 1561 en París el primer texto dedicado íntegramente a la carpintería, *Nouvelles inventions pour bien bastir et à petit frais*, de Philibert de L'Orme. En Italia, se publican *Los Siete libros de Arquitectura* de Sebastiano Serlio (1537–1575) y *Los cuatro libros de Arquitectura* de Andrea Palladio (Palladio 1570). En España se publican los *Veintiún libros de los ingenios y las máquinas* (1575–1595) de Juanelo Turriano, primer libro de arquitectura civil hidráulica conocido.
- Siglo XVII. Aparecen los primeros manuales prácticos de carpintería que reproducen los usos tradicionales del oficio. En España se publica la primera y segunda parte de las reglas de la carpintería, escrito por Diego López de Arenas en 1619 (Candelas 2000). En Francia se publica *Le Theatre de L'art de charpentier* escrito por Mathurin Jousse en 1627. Tratados generales de arquitectura (Jousse 1627). En España se publican el primer y segundo tomos en 1639 y 1664 del *Arte y uso de la Arquitectura* de Fray Lorenzo de San Nicolás, y de esta época es el *Breve compendio de la carpintería y tratado de lo blanco, con algunas cosas tocantes a la geometría y puntas del compás* de Rodrigo Álvarez (1600–1700) (San Nicolás 1639 y 1664; Álvarez 1600–1700).

En todos los tratados generales franceses publicados en este siglo (Pierre Le Muet en 1623, Savot en 1624, Augustin-Charles D'Aviler en 1691 y Pierre Bullet en 1691) la carpintería de armar ocupa una parte importante.

VILLARD DE HONNECOURT. 1235. *ÁLBUM*

El *Álbum* de Villard de Honnecourt está escrito para profesionales expertos y además de la estereotomía, replanteos y albañilería, da ejemplos de ingenios e

instrumentos diversos en el ejercicio de la profesión, expone reglas geométricas de construcción y dibuja armaduras de madera. La carpintería está representada en las láminas 34, 39 y 45.

Puentes

Lámina 39. Procedimientos y diseños para la construcción. En el dibujo que corresponde al puente el texto bajo el dibujo es: «de este modo se hace un puente por encima del agua [con] estacas de veinte pies de largo».

Forjados

Lámina 45. Ingenios e instrumentos diversos. Máquina para cortar pilotes bajo el agua. Enrayado de rueda. Puntal para enderezar una casa inclinada. Modelo de ensamblaje de vigas de madera cortas. En el dibujo que corresponde al modelo de ensamblaje de vigas de madera cortas, el texto bajo el dibujo es: «así se disponen en una torre o una casa, las vigas excesivamente cortas».

Cubiertas

Lámina 34. Modelos de armaduras de carpintería de iglesia. Linterna monástica. En el dibujo superior izquierdo el texto es: «aquí podéis ver una buena y ligera techumbre para cubrir una capilla abovedada». En el dibujo superior derecho: «pero si lo que queréis es una buena y ligera techumbre abovedada con vigas, fijaos en ésta». En el dibujo inferior izquierdo: «he aquí la carpintería (armadura) de un sólido colgadizo» (fig. 1).

Los dibujos explican los detalles de uniones y el embarbillado de los elementos. De las armaduras de madera descritas las dos del lado izquierdo en los dibujos de Villard se plantean para que queden ocultas. La armadura izquierda superior representa un entramado básico de una armadura de palomillas. Según el dibujo de Villard la luz de la armadura es bastante pequeña, por el espesor relativo de los muros de fábrica y por que cada par parece ser de una sola pieza. Además la entrega del puente debilita los pares, y los pies derechos también los debilitan en esos mismos

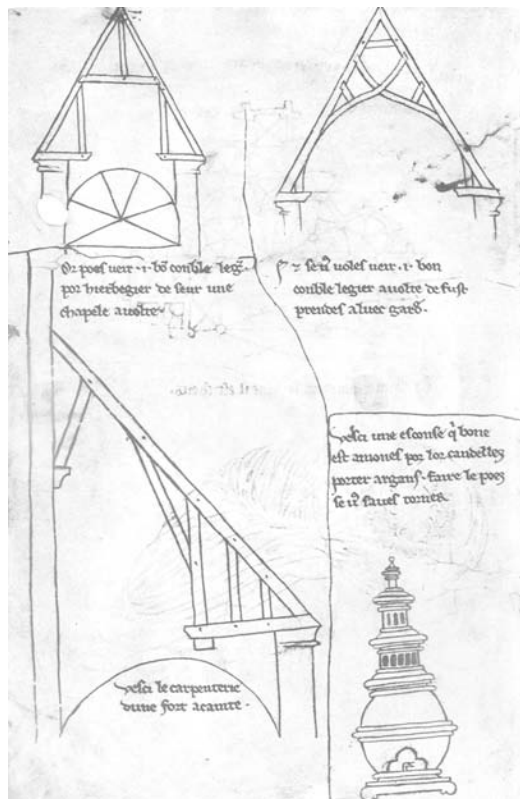


Figura 1
Cuaderno de viaje de Villar de Honnecourt. Lamina 34

puntos, ya que los puntos del dibujo indican espigas de sujeción. La armadura izquierda inferior es una armadura destinada a cubrir una bóveda lateral. Apparently el par también parece ser de una sola pieza, con tres pies derechos sobre un nudillo (según la nomenclatura de la armadura de palomillas) y dos jalcones en la parte superior del par. Apparently las sujeciones de todas las piezas se realizan mediante espigas. La armadura derecha superior en el dibujo de Villard se plantea para quedar vista. La armadura derecha superior representa un entramado de pares con nudillo superior, riostras curvas en tijera y pilarejos laterales inferiores. Las uniones de los pares con el nudillo superior se realizan mediante espigas y las uniones de las riostras curvas en tijera y pilarejos se realiza a media madera.

Jacques Heyman ha estudiado de manera pormenorizada el funcionamiento estructural de las dos armaduras superiores de la lámina 34 del cuaderno de Villard y de dos ejemplos que utilizan estos tipos de armadura. El proceso general que sigue Heyman para realizar un estudio o análisis detallado de las armaduras de madera, es el siguiente.

- Idea una geometría satisfactoria para la armadura. La triangulación básica de una armadura debe ser tal que todas las piezas trabajen en lo posible a compresión (o, por supuesto, a tracción pura), debiendo evitarse la flexión. Si el proyecto se realiza de esta manera las tensiones serán muy bajas, y las escuadrías de las piezas no serán importantes. Así, no necesitamos saber con precisión las magnitudes de las cargas aplicadas.
- Comprueba que se disponga de ensambles adecuados entre las piezas.
- Revisa que la techumbre en su conjunto tenga una determinada estabilidad longitudinal, mediante atado de las armaduras de alguna forma.
- Comprueba con especial atención al apoyo de las armaduras sobre los muros de fábrica, cuando el proyecto completo descansa sobre el resto de la fábrica, conociendo que el principal problema es el resistir adecuadamente el empuje horizontal de los pares (Heyman 1995).

En estos análisis se ha considerado la armadura como un sistema plano (todos los esfuerzos actúan en el plano de la armadura, que es un plano perpendicular al eje de la nave o del crucero, según el caso). Las fuerzas longitudinales efectivamente serán pequeñas en el caso de una techumbre entre torres o hastiales. Sin embargo para conseguir la estabilidad global lo adecuado es que se encuentre arriostrado en la dirección longitudinal. Este arriostramiento lo podemos conseguir mediante hileras y correas o con riostras diagonales en el plano de los pares. Si la techumbre no termina en un hastial plano hay que tomar medidas adicionales (figs. 2, 3 y 4).

Auguste Choisy en la figura 218 de la *Historia de la Arquitectura* cuando estudia la cubierta sobre las

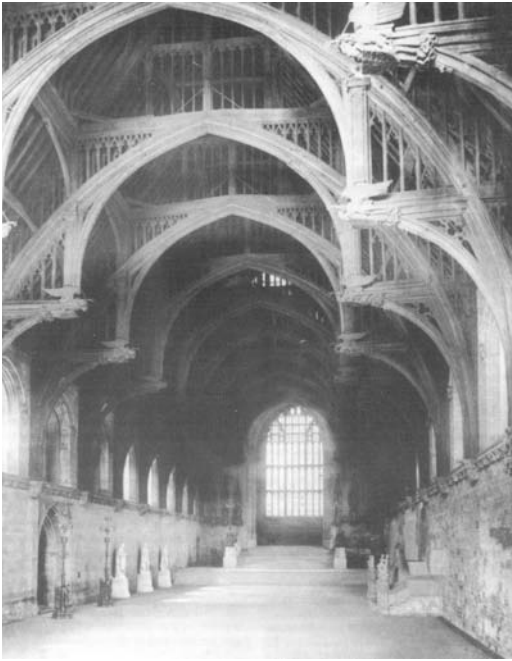


Figura 2
Westminster Hall. Armadura de palomillas

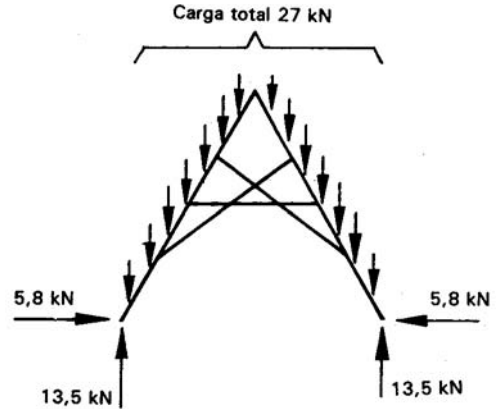


Figura 4
Armadura de pares con nudillo superior, riostras curvas en tijera y pilarejos laterales inferiores. Armadura vista en el tratado de Villard. Estudio de Heyman sobre las armaduras ocultas de las armaduras del siglo XIII de la Abadía de Westminster. Esfuerzos

En el dibujo de la derecha de la figura 218, el tirante que conecta los estribos absorbiendo el empuje de los pares, para que no se transmita al muro imposibilita que el estribo quede a una altura inferior que la clave de la bóveda de fábrica. Aunque Choisy habla del croquis de Villard, entiendo que se refiere a la armadura de palomillas en la descripción gráfica que hace no se corresponde su representación.

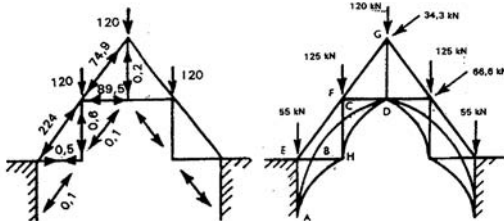
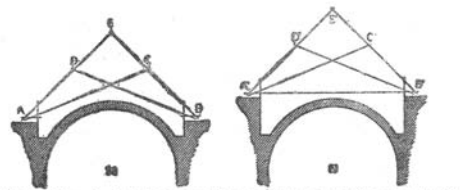


Figura 3
Armadura de palomillas. Armadura oculta en el tratado de Villard. Estudio de Heyman sobre la armadura a la vista de Westminster Hall. Esfuerzos y peso propio y carga de viento en la armadura

bóvedas (armadura de madera construida para quedar oculta), nos explica que la solución propuesta por Villard permite que la carrera de apoyo pueda estar a altura inferior que la clave de la bóveda de fábrica (fig. 5)



M — Disposición de la cubierta sobre las bóvedas (según un croquis de Villard de Honnecourt)
N — Diagrama del modo de triangulación de las armazones admitidas durante los primeros tiempos del arte gótico

Figura 5
Auguste Choisy. Historia de la arquitectura. Arquitectura gótica

Leon Battista Alberti (1404–1472). 1485.***De Re Aedificatoria***

Este tratado tuvo una importante difusión en su época y gran repercusión en la arquitectura posterior. Respecto a la construcción de armaduras de madera, pudo influir de manera importante en la dirección del ocultamiento de estas armaduras, o directamente en su menor o utilización.

Alberti en el capítulo XI del libro VII aboga firmemente por que los techos de los templos sean de bóveda por causa de la dignidad, de la perpetuidad y para que no estén sujetos a incendio.

En el capítulo XII del libro III expone algunos consejos destinados a garantizar la estabilidad de la madera en relación con el funcionamiento mecánico de las vigas. Recomienda que en caso de existir imperfecciones en la madera queden en la cara superior por la compresión (acortamiento) en las fibras superiores y la tracción (alargamiento) en las inferiores. Expone que se debe estudiar la solución dada al apoyo en los muros, y que se debe cuidar la situación de las piezas en obra, insistiendo en que queden adecuadamente ventiladas y no en contacto con la cal. Aconseja sobre la calidad de la madera, la adecuación de sus características al uso para el que se destinan y el sistema de ensamblaje.

Philibert de L'Orme. 1561. *Nouvelles inventions pour bien bastir et à petit frais*

Es el primer texto dedicado íntegramente a la carpintería. El sistema de carpintería propuesto por Philibert De L'Orme está muy alejado de los sistemas tradicionales del oficio y es una propuesta de un sistema de carpintería que se basa en una teoría nueva de la utilización de la madera en construcción. Se trata de un método de construcción de arcos, generalmente de medio punto por superposición de tablas encamionadas ensambladas con clavijas de madera. El tratado se divide en dos libros, el Libro I de formación de cubiertas y el Libro II de techos abovedados, e incluye numerosas láminas en las que se describen minuciosamente la geometría y dimensiones de las piezas a utilizar, los sistemas de ensamblaje, la solución del arriostamiento longitudinal (emplea la perspectiva en la mayoría de los casos) y el apoyo de las armaduras sobre los muros de fábrica.

En los sistemas de ensamblaje de elementos para obtener piezas mayores, además de las estructuras de Philibert De L'Orme, que unen las tablas colocadas de canto, están las propuestas por Faustus Verantius, que lo hacen situando piezas situadas de plano.

En este tratado con la descripción en detalle de los elementos, conscientemente utilizados, algunos dibujos, son posiblemente los primeros detalles constructivos de la historia de la construcción de la carpintería, tal como hoy entendemos estos detalles constructivos, incluyendo la nomenclatura de las piezas y el acotado.

Los Siete libros de Arquitectura (1537–1575) de Sebastiano Serlio, los Cuatro libros de Arquitectura (1570) de Andrea Palladio, y los Veintiún libros de los ingenios y las máquinas (1575–1595) de Juanelo Turriano

Los libros y capítulos que Serlio dedica a la descripción de carpintería son el libro I, dedicado a forjados, y el libro VII en donde dedica los capítulos 73 al 75 a la descripción de armaduras de madera. En los libros V y VII, en la descripción de villas, encontramos también la representación de gran número de armaduras. Aparentemente Serlio no tenía un criterio determinado para la definición del sistema de cubierta (Candelas 1998).

Palladio dedica los capítulos 7 y 8 del Tercer Libro a los puentes de celosía de madera, para los que propone cuatro tipologías, y en el capítulo 19 se describe el puente sobre el río Brenta próximo a Bassano. La celosía como esquema estructural se utiliza con una gran economía de medios, ya que se utilizan piezas de madera de pequeño tamaño en comparación a la luz que salva. Su funcionamiento estructural se basa en el principio de indeformabilidad del triángulo, con el que se consigue salvar grandes luces utilizando tan sólo piezas cortas que trabajan a tracción o compresión. La triangulación garantiza la estabilidad de las estructuras de forma sencilla y supliendo además la dificultad para conseguir uniones rígidas con la madera. La celosía se había empleado desde antiguo, especialmente en la construcción de cimbras y cubiertas.

Palladio demuestra una gran coherencia en la utilización de armaduras. Propone cuatro tipologías de armaduras en la solución de un puente de celosía de

madera, y una propuesta de un puente cubierto de jalcones. Todas ellas están basadas en la utilización de cerchas triangulares distanciadas según tramos iguales, sobre las que apoya un segundo orden de vigas, o correas, y se incrementa el número de barras que conforman la cercha a medida que aumenta la luz a cubrir (fig. 6).

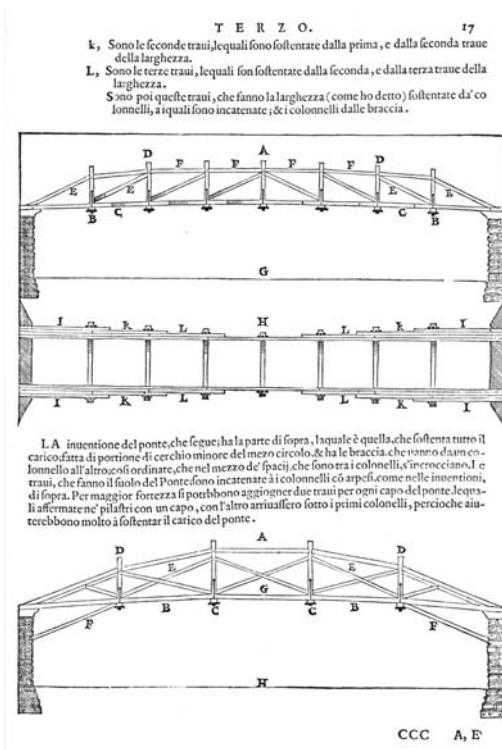


Figura 6
Andrea Palladio. Los cuatro libros de Arquitectura. Libro III, capítulo VIII

En el tratado de Juanelo Turriano aparentemente existe una falta total de comprensión del comportamiento resistente de las celosías, aunque se representan unas estructuras de celosía parecidas a las del tratado de Palladio.

Diego López de Arenas. 1619. Primera y segunda parte de las reglas de la carpintería; Mathurin Jousse. 1627. Le Theatre de L'art de charpentier

El texto de Diego López de Arenas presenta un sistema de construcción (la carpintería de armar española) en las que las estructuras de madera se construían quedando vistas hacia el interior, y soportaban, o directamente la cubierta o, una estructura auxiliar que protegía las armaduras más decoradas (fig. 7). En el momento en que se escribe este tratado se constataba ya una perdida de los conocimientos necesarios para ponerlas en practica (Candelas 1996). Este texto ha sido interpretado e incorporado en el *Nuevo tratado de la carpintería de lo blanco* por el carpintero de lo

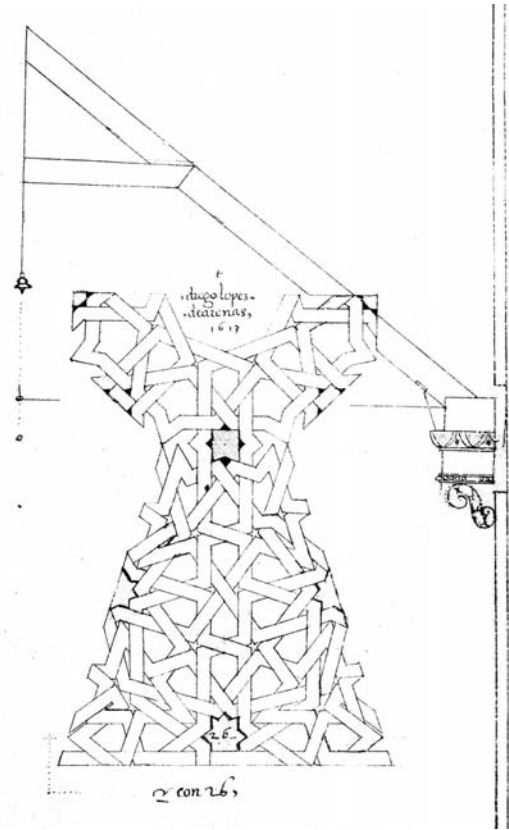


Figura 7
Primera y segunda parte de las reglas de la carpintería, 1619. Diego López de Arenas. Nueva muestra firmada

blanco y arquitecto Enrique Nuere. Este nuevo tratado describe de manera comprensible el sistema y sus procesos de diseño y ejecución (Nuere 1998).

El tratado de Jousse, tiene un carácter eminentemente práctico y se estructura con el texto de la descripción y comentarios de cada una de las ciento veinticinco figuras que componen el conjunto de la obra. En el tratado se exponen treinta y cuatro edificios con diferentes formas de la planta y estructura de la sección. Las últimas figuras se refieren a escaleras, cimbras y expone un ejemplo de jácena de carga, con un refuerzo mediante incremento de sección.

El tratado comienza con una descripción de las herramientas y útiles necesarios para un carpintero, diferenciando entre útiles de trazado (regla, compás, escuadra, falsa escuadra, lápiz para marcar la madera), herramientas de corte y talla (azuela, taladros, hachas, sierras, cepillos) y medios auxiliares para el manejo y elevación de estas piezas (cabrios, trípodes de carga, gatos).

El sistema de representación de las figuras es similar en todos los casos, con una planta y una o varias secciones. En planta representa en el contorno la solera con las marcas de los elementos que apoyan en ésta y en la zona central el enrayado. Incluye escala gráfica (fig. 8).

Ángel L. Candelas Gutiérrez ha estudiado los paralelismos entre los tratados de López de Arenas y Jousse. Respecto al proceso de ejecución:

- Utilización de un plano o esquema previo: El «dessein» de Jousse o la «muestra» que utiliza López Arenas.
- La reiterada atención que se presta a la correcta colocación de las soleras o estribos.
- La ejecución directa en obra, sin mediación de planos, de la práctica totalidad del desarrollo vertical de la armadura.
- Los procedimientos para la determinación de la ubicación del nudillo.
- La utilización de relaciones dimensionales intrínsecas al propio sistema, como base para el trazado de otros elementos.

Respecto a la concepción formal y estructural de ambos sistemas:

- Se trata fundamentalmente de estructuras basadas en el funcionamiento de planos paralelos

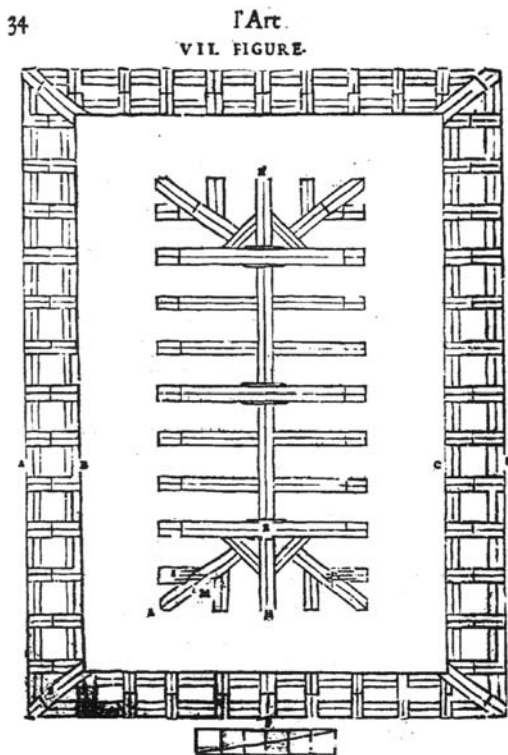


Figura 8
Mathurin Jousse. 1627. *Le Theatre de L'art de charpentier*.
Figure VII

de pares y nudillo, en los que, en el caso de Jousse, algunos de estos planos (las «Maitres Fermes») se han especializado, para formar el plano intermedio vertical de arriostramiento.

- En ambos casos, el enrayado o almizate reduce la flexión de los pares y contiene las barras necesarias para conseguir un adecuado arriostramiento en el plano horizontal de la armadura, produciéndose además una continuidad visual en los planos que configuran la parte inferior de la techumbre.

Además de los paralelismos que ha expuesto Ángel L. Candelas, considero positivo intentar entender dos diferencias y sus consecuencias. La primera diferencia viene dada en función de las pendientes y

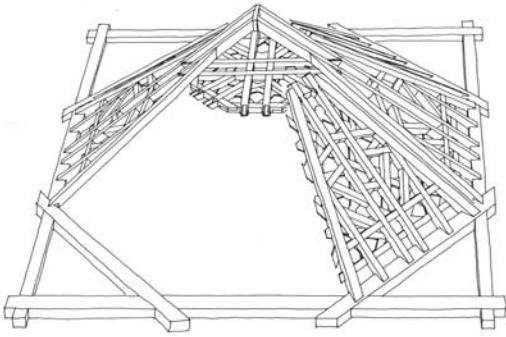


Figura 11
Nuevo tratado de la carpintería de lo blanco, de Enrique Nuere. Perspectiva de la armadura vista por el trasdós. Trazado de lazo de diez

capítulos y la segunda de setenta y uno, tratando en ambas numerosos temas. La carpintería se extiende en el primer tomo desde el capítulo 46 al 49, y en el segundo en los capítulos 50 y 51. En este tratado ya no se explica la carpintería de lazo (fig. 12).

El manuscrito de Rodrigo Alvarez aparentemente no parece que se hiciera para la imprenta, sino para trabajo y estudio, consta de una dedicatoria y tres libros. El libro segundo que incluye desde el capítulo 25 (existen dos capítulos 38) hasta el 50 trata de las características constructivas y formales de armaduras en la que además de la carpintería de lazo está descrito el modelo de chapitel de armadura cupular con linterna.

Los dos tipos de soluciones que reciben el nombre de chapitel, son representativos de dos direcciones diferentes en la construcción de armaduras ocultas de madera.

Chapitel como cubierta y coronación de una torre

Este tipo de capitel sólo se trata en el tratado de Fray Lorenzo de San Nicolás. Solución importada desde Borgoña, e introducida en España en el reinado de Felipe II. Esta solución no es continuidad de la forma de hacer de los tratados y técnicas de la carpintería de armar española. Su construcción está más relacionada con las soluciones empleadas en el ámbito fran-

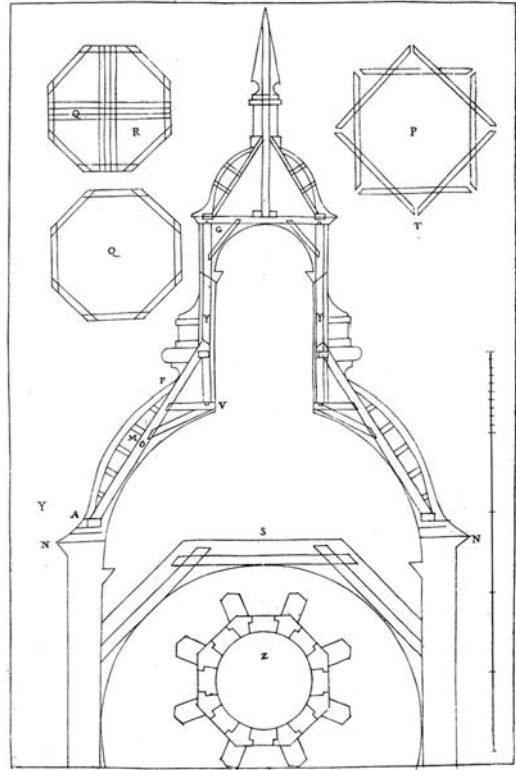


Figura 12
 Armadura cupular con linterna definida por Fray Lorenzo de San Nicolás

cés. Los tirantes conforman una caja central sobre la que apoya el árbol y al colocar los faldones y en su parte superior las vigas horizontales, se construyen unas particulares cerchas tridimensionales con gran cantidad de madera, en las que los tirantes trabajan como tirantes y como vigas-correas inferiores, y resuelven la cubrición de la torre y la resistencia del árbol ante los empujes del viento.

Chapitel como cubierta y coronación de gran cúpula con linterna

Esta solución es continuidad de la forma de hacer de los tratados y técnicas de la carpintería de armar española, y en particular de las soluciones de las arma-

duras de par y nudillo. En este caso la planta a cubrir es circular-octogonal, y en la construcción la función de los tirantes ha de realizarse de manera que el interior de la cúpula quede libre de todo elemento estructural, y el almizate a 2/3 de la altura se conforma como estrella-ochavo de refuerzo, quedando también libre el octógono central de todo elemento estructural. Aunque se construyen importantes chapiteles de esta manera, esta solución no tiene un desarrollo constructivo posterior, y es una solución que se olvidó y se dejó de utilizar.

Tratados generales franceses publicados en el siglo XVII. Pierre Le Muet (1623), Savot (1624), Augustin-Charles D'Aviler (1691) y Pierre Bullet (1691)

La distinción entre *Maitres fermes*, y *Simple fermes* nos permite iniciar un proceso en el que el siguiente paso es la desaparición de las *Simple fermes* para después, sustituir el par y nudillo en las *Maitres fermes* por cerchas. El paso posterior es configurar la cercha con piezas más pequeñas y esto nos permite fácilmente cubiertas quebrantadas o mansardas. El paso de par y nudillo a armaduras trianguladas también ayuda a una reducción progresiva de las pendientes de las cubiertas (Gómez y Huerta 2000).

CONCLUSIÓN

En las armaduras de cubierta estudiadas nos encontramos con dos sistemas diferentes. Uno: las armaduras de par y nudillo están desarrolladas en los tratados de Diego López de Arenas y de Mathurin Jousse. Las armaduras que se describen en el tratado de Mathurin Jousse a partir de mediados del siglo XVII se recomiendan que se sustituyan por cerchas con correas.

Las armaduras de la carpintería de lazo explicadas en el tratado de Diego López de Arenas que se realizaban para quedar a la vista, se dejan de construir y se pierden los conocimientos necesarios para realizarlas (fig. 13). Cuando en algún caso estas armaduras se hacían sobre bóvedas se solían separar más los conjuntos de pares, lo que podía llegar a requerir la colocación de correas. La diferencia con los cuchillos triangulados es fácilmente visible por el mante-

nimiento del estribo entre los tirantes y los pares.

Una solución que queda oculta en continuidad de la forma de hacer de los tratados y técnicas de la carpintería de armar española, y en particular de las soluciones de las armaduras de par y nudillo es el chapitel como cubierta y coronación de gran cúpula con linterna. En este caso la planta a cubrir es circular-octogonal, y en la construcción la función de los tirantes ha de realizarse de manera que el interior de la cúpula quede libre de todo elemento estructural, y el almizate a 2/3 de la altura se conforma como estrella-ochavo de refuerzo, quedando también libre el octógono central de todo elemento estructural.

Aunque se construyen importantes chapiteles de esta manera, esta solución no tiene un desarrollo constructivo posterior, y es una solución que también se olvidó y se dejó de utilizar.

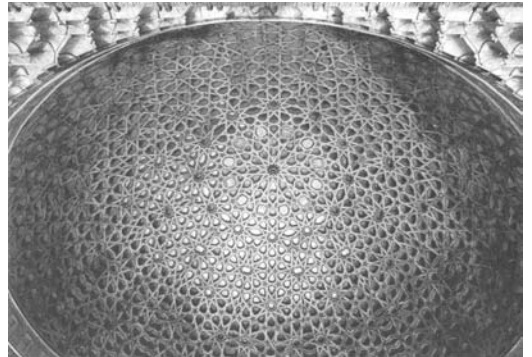


Figura 13

Media naranja de lazo de diez lefe del Salón de embajadores de los Reales Alcázares de Sevilla. Realizada en el siglo XV por Diego Ruiz, maestro carpintero que trabajó al servicio de Juan II de Castilla

Dos. Disposición de elementos triangulados indeformables bastante separados, sobre los que se pueden apoyar correas horizontales. Estas armaduras sobre cuchillos triangulados, eran bien conocidas en el mundo romano y en su área de influencia (Vitruvio).

Las armaduras trianguladas están desarrolladas en los tratados de Villard de Honnecourt y Palladio. Las armaduras que se describen en el cuaderno de Villard podían realizarse para quedar a la vista u ocultas para

cubrir una bóveda. Hemos visto que los mismos modelos se construían de ambas formas. Las armaduras que se describen en el tratado de Palladio, en los casos en que está integrado en las edificaciones, quedan ocultas en las representaciones de las villas. Estas armaduras están correctamente definidas. La solución de puente de celosía de madera, por su tamaño genera una relación de escala diferente con el entorno y las personas y en la mayoría de los casos se construye para quedar a la vista.

El tercer planteamiento tiene que ver con el material. Partiendo de piezas pequeñas de madera, la obtención de un nuevo material elaborado. Este planteamiento está desarrollado en el tratado de Philibert De L'Orme. Aunque los sistemas de ensamble son aparatosos, el planteamiento general teórico de utilización de la madera guarda similitudes con la madera laminada, tal como hoy la conocemos. El ensamble actualmente en la madera laminada se realiza conformando las piezas situadas de plano mediante resinas sintéticas tipo baquelita. La gran diferencia que existe entre las formas de ensamble configura que formalmente las piezas resultantes que conforman la armadura sean muy diferentes. Este factor es determinante para que estas armaduras puedan quedar ocultas o vistas.

En las uniones de los extremos en los apoyos el problema es similar. En el caso del tratado de De L'Orme define muy cuidadosamente este apoyo y el lugar donde se ubica en relación a la fábrica. En soluciones actuales de madera laminada, aunque existen muy diferentes soluciones, en la mayoría de los casos empleamos piezas metálicas íntimamente unidas a la madera, y son estas piezas metálicas las que apoyan.

LISTA DE REFERENCIAS

- Alberti, Leon Battista. 1582. *De Re Aedificatoria. Los diez libros de arquitectura*. Edición facsímil de 1975. Oviedo.
- Álvarez, Rodrigo. 1600–1700. *Breve compendio de la carpintería y tratado de lo blanco, con algunas cosas tocantes a la Iometria y puntas del compás*. Salamanca. Inventario 15.022; Manuscrito. 557 de la Fundación Lázaro Galdiano de Madrid.
- Candelas Gutiérrez, Ángel L. 1996. Proceso constructivo, ornamento y estructura en las armaduras de par y nudillo. *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Madrid*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.
- Candelas Gutiérrez, Ángel L. 1998. La carpintería de armar en los tratados europeos de los siglos XVI y XVII. *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción. A Coruña*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.
- Candelas Gutiérrez, Ángel L. 2000. Bóvedas de madera: ¿se pueden construir según describen los tratados? *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la construcción. Volumen I. Sevilla*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.
- Choisy, Auguste. [1899] 1980. *Historia de la Arquitectura*. Buenos Aires: Editorial Victor Leru
- Erlande-Brandenburg, Alain et al. 1991. *Villard de Honne-court. Cuaderno. Siglo XIII*. Madrid: Akal.
- Gómez, Isabel y Huerta, Santiago. 2000. Las armaduras de cubierta en los tratados del siglo XVII francés. *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la construcción. Volumen I. Sevilla*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.
- Heyman, Jacques. 1995. *Teoría, historia y restauración de Estructuras de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.
- Jousse, Mathourin. 1627. *Le Theatre de L'Art de Charpenterie*. La Flèche: Gorges Griveau.
- Nuere, Enrique. 1998. *La carpintería de armar española*. Madrid: Ministerio de Cultura.
- Nuere, Enrique. 2001. *Nuevo tratado de la carpintería de lo blanco. Con el facsímil de la primera y segunda parte de las reglas de la carpintería, escrito por Diego López de Arenas*. Madrid: Editorial Munilla-Lería.
- Palladio, Andrea. 1570. *Quattro libri dell'Architettura*. (Edición facsímil. Milan: Ulrico Hoepli Editore S.p.A., 1980).
- San Nicolás, Fray Lorenzo de. 1639 y 1664. *Arte y uso de Arquitectura. Primera y Segunda parte*. Madrid: s.i. (Edición Facsímil. Madrid: Albatros, 1989).
- Vitruvio Polión, Marco. *Los Diez Libros de Arquitectura*. Madrid: Akal, S. A., 1987, 1992, 2001.