

## Proceso constructivo, ornamento y estructura en las armaduras de par y nudillo

Angel L. Candelas Gutierrez

El presente estudio forma parte de un proyecto de investigación más amplio que pretende analizar los sistemas constructivos utilizados en la ejecución de armaduras de cubierta. Tratamos de buscar antecedentes, en distintas culturas, de la tradición carpintera que nos lleven a desentrañar la génesis de estos sistemas. Entendemos que el análisis del sistema constructivo y su evolución permite establecer criterios objetivos, en contraposición a los estudios que puedan efectuarse tan sólo a partir de la investigación de los aspectos ornamentales de los elementos.

La construcción de armaduras, capaces de salvar luces de hasta 10 metros, requiere técnicas específicas, indisolublemente ligadas a las herramientas (hachas, sierras, cartabones,...) con las que el carpintero cuenta para efectuarlas. Este conjunto de técnicas-herramientas es propio de cada cultura: así, podemos oponer, como casos extremos, la tradición centroeuropea, de todos conocida, y la japonesa, en la cual las uniones tienden a formar nudos rígidos con un sistema de ajustes prácticamente imposible de conseguir con las herramientas centroeuropeas. Los elementos ornamentales, al no estar sujetos a una ejecución mediante herramientas específicas, presentan menos inconvenientes para su asimilación por culturas o épocas distintas, siendo por tanto una vía menos fiable para el estudio objetivo de las armaduras.

Queremos hacer una distinción entre dos tipos básicos de armaduras: *las armaduras a base de cerchas y correas*, que era la estructura de cubierta habitual

en el siglo XV en una zona de gran producción arquitectónica como fue el Norte de Italia, y que llegó a denominarse «capriata palladiana», y *las armaduras de pares* que aparecen en centroeuropa y en el territorio de la España actual. Nuestro trabajo se centra en estas últimas.

Nos estamos refiriendo a aquellas estructuras de cubierta que, por derivación del sencillo sistema de par e hilera, alcanzan formas estructurales más complejas basadas en el sistema de par y nudillo, conformando la cubierta lineal de una nave o cubiertas prismáticas —ochavadas en la mayoría de los casos—, para zonas concretas (ábside, salones,...). Queremos expresamente evitar la utilización del término *mudejar* para su calificación, pues entendemos que, en el caso de las armaduras, no identifica correctamente un período histórico (las armaduras se producen desde el siglo XIV hasta el XVIII), ni una determinada autoría.<sup>1</sup>

En estas páginas, nos proponemos estudiar las condiciones de estabilidad de las armaduras de cubierta, analizando la forma de construirlas y efectuando observaciones sobre las implicaciones entre estructura y ornamento.

### EJEMPLARES DE REFERENCIA

Como base gráfica de este trabajo, hemos seleccionado los tres edificios religiosos de la provincia de Huelva que a continuación describimos brevemente:

a) Iglesia de San Francisco (Ayamonte). Se trata de una iglesia del siglo XIV, de nave única. Existen dos armaduras diferenciadas, ambas apeinazadas, una en el ábside y otra en el conjunto de nave y coro. En el ábside encontramos una *armadura ochavada de cinco paños*, con unas dimensiones de  $9.95 \times 11.30$  metros. El almizate está relleno con ruedas de ocho (figura 1), mientras que en los faldones encontramos varias bandas entrelazadas con estrellas de ocho (figura 6). La nave central sigue el esquema de *cinco paños con tres zonas de almizate y faldones tratadas con lacería*, el almizate con ruedas de dieciséis (figura 2) y los faldones con bandas de estrellas de ocho; esta armadura tiene continuidad hasta el coro, donde enlaza con una *armadura semiochavada* que reproduce el esquema del ábside. Los tirantes son de hierro forjado.

b) Iglesia de las Angustias (Ayamonte). Se trata de una iglesia de tres naves y ábside. Las cubiertas de las naves laterales están resueltas *como colga-*

*dizo*. En la nave central, de 8.85 metros de luz, encontramos una *armadura de par y nudillo con zonas de lacería de ocho*, tanto en faldones como en almizate. Estas zonas aparecen en el segmento central de la nave y en ambos extremos. Existen dobles tirantes de madera con trabajos de lacería. El ábside se cubre con una hermosa *armadura ochavada* de  $8.85 \times 10.30$  metros, con lacería policromada basada en ruedas de diez en todas las superficies.

c) Iglesia de Madre de Dios del Vado (Gibraleón). Se trata de una iglesia, desde hace tiempo abandonada y en estado ruinoso, fundada en 1587. Es de nave única con tres zonas diferenciadas: el ábside, la nave y el coro. En el ábside, encontramos una bóveda de yeso. La nave se cubre *con armadura de par y nudillo*, apareciendo en su almizate un sistema que aparentando ser ataujerado incluye peinazos, tratamiento este que se sale de la técnica tradicional. El coro se resuelve con estructura similar a la anterior, pero esta vez el almizate se ejecuta con una zona apeinazada con ruedas de ocho (figura 3). Esta estructura, al estar parcialmente derruida, nos ha permitido observar detalles habitualmente ocultos. En la

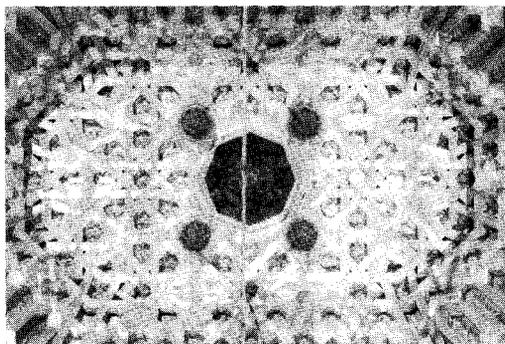


Figura 1

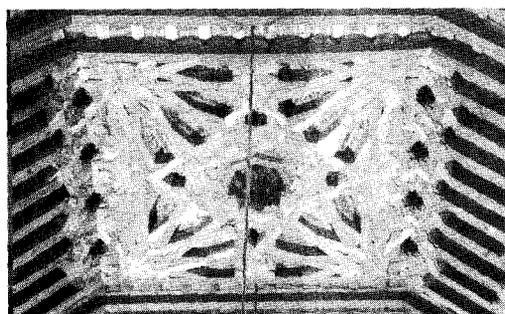


Figura 2

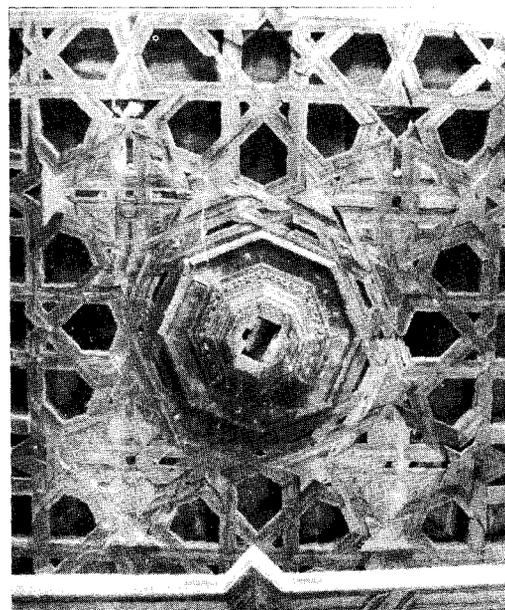


Figura 3

misma iglesia, hemos encontrado abandonado en el suelo, bajo una considerable capa de escombros, un sector de armadura que nos ha permitido analizar en detalle, entre otras cuestiones, los sistemas de unión empleados.

#### COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

Las armaduras de par e hilera tienen, por una parte, el problema del deslizamiento de los pares y, por otra, el de la flexión a la que están sometidos estos elementos. La introducción del nudillo disminuye notablemente el momento flector que solicita al par, y trabajando a compresión, solidariza los faldones opuestos, mejorando el comportamiento frente a acciones horizontales. Ambos esquemas estructurales necesitan la introducción de tirantes que impidan la transmisión a los muros de una acción horizontal, la cual obligaría a un mayor grueso de estos.

El conjunto de pares y nudillo es una unidad estable en su plano. Sin embargo, durante el proceso de montaje, se hace necesario algún tipo de arriostamiento que impida el vuelco en un plano perpendicular, vuelco que debía ser habitual pues incluso López de Arenas utiliza específica y acertadamente el término «remarse» para referirse a este hecho. La estabilización durante el montaje se podría conseguir, bien utilizando arriostamientos provisionales entre los pares, o bien mediante el anclaje de la hilera en el muro testero y la continuidad de ésta a lo largo de toda la nave.

El resultado una vez terminada la cubierta es totalmente estable. Dan fe de ello los innumerables ejemplos de armaduras que, sin ningún tipo de lacería, perduran hasta nuestros días. Siendo así, nos preguntamos qué interés puede tener la complejidad que representa ejecutar entramados de lacería apeinazados, con piezas de madera estudiadamente ensambladas. En nuestros días, ni siquiera en la producción de determinados arquitectos, se justifica crear una complejidad estructural sin una necesidad objetiva. La mentalidad de los siglos XIV al XVIII no difiere mucho, en este aspecto, de la de nuestra época. Por ello, planteamos la hipótesis de que esta complejidad obedece, por una parte, al sistema de fabricación de los paños y por otra, a la necesidad de dotar de estabilidad a la construcción desde el comienzo de su montaje.

#### Los elementos de un almizate y su cometido estructural.

Veamos cómo está construido un paño entrelazado con ruedas de lacería. Observamos para ello los almizates de las figuras 1, 2 y 3.

El elemento estructural más importante es indudablemente *el nudillo*, el cual, comprimido por la flexión de los pares, solidariza los faldones opuestos. Los nudillos se encuentran unidos entre sí mediante *los peinazos*, piezas de madera de longitud exactamente igual a la distancia entre nudillos —ancho de la calle—, dotadas de unas espigas que se introducen hasta media madera, en un hueco practicado al efecto en el nudillo. Los peinazos hacen colaborar al conjunto de nudillos apeinazados en la absorción de la flexión en el plano horizontal que llega al nudillo extremo por el apoyo de las manguetas. En cada unión entre peinazo y nudillo se ubica una *pieza prismática de base triangular* firmemente clavada a ambos elementos. La configuración obtenida una vez ensamblados una serie de nudillos y peinazos, produce un emparillado con un alto grado de indeformabilidad.

*Los taujeles* (halibas, aspillas,...), situados en el plano inferior del almizate y clavados simultáneamente sobre nudillos y peinazos, proporcionan adicional estabilidad al conjunto.

*Las piezas de relleno* (almendrillas, candilejos,...), aún sin cometido estructural aparente, colaboran en la consecución de un elemento estructural continuo: el almizate.

La cubierta terminada incluye *la tablazón*, sobre la que se sitúan las tejas. Este elemento, que se coloca una vez terminada y montada la armadura, es el que, en las más simples cubiertas de par y nudillo, se encarga de estabilizar los conjuntos de pares-nudillo (impidiendo que se *remen*), y es el que, en las naves donde aparecen zonas apeinazadas, une los conjuntos sueltos con las zonas de faldón y almizate apeinazadas.

En la figura 4 representamos el aspecto final y los elementos estrictamente estructurales de la zona de almizate con lacería de la nave de la iglesia de San Francisco.

En la figura 5 reproducimos el mismo esquema anterior referido a uno de los paños inclinados de la misma nave.

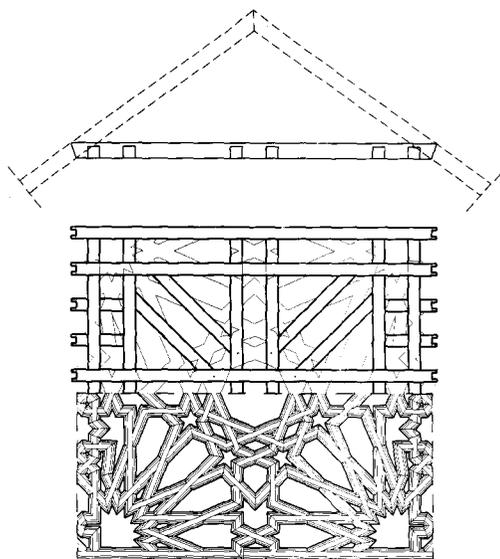


Figura 4

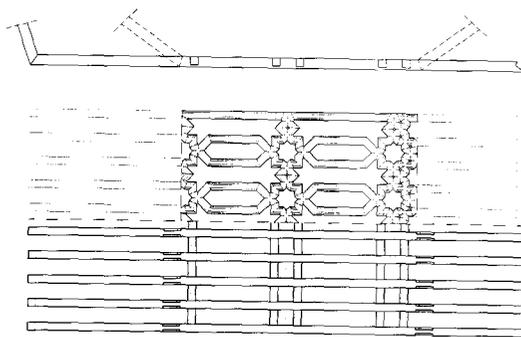


Figura 5

### El proceso de montaje

La ejecución de la lacería, salvo en las armaduras ataujadas, requiere una serie de operaciones cuya dificultad de elaboración, una vez terminada y colocada la armadura de cubierta, puede intuir cualquiera que esté medianamente familiarizado con trabajos de carpintería.

Sin embargo, resulta una operación relativamente sencilla ir colocando sobre el suelo o sobre una mesa de trabajo, los pares —o nudillos, en el caso del paño de almizate— una vez labrados con los rebajes nece-

sarios para introducir los taujeles y con las ranuras correspondientes; intercalar los peinazos; fijar los prismas triangulares; y añadir las piezas de relleno.

La construcción en suelo de la armadura obliga a que cada paño terminado respete una serie de condicionantes: por una parte, los derivados de la necesaria indeformabilidad para las operaciones de izado y puesta en su posición definitiva, y por otra, los derivados de su posterior conexión al resto de los elementos. Como repuesta a este último condicionante, aparecería la duplicación de las limas (limas moamares), en el caso de armaduras de más de dos paños.

Hemos visto que *por la conjunción de una necesidad ornamental —la lacería— y otra constructiva —la ejecución en suelo—, surge una de tipo estructural: la indeformabilidad*. Imaginamos que simultáneamente surgiría la idea de utilizar esta necesaria indeformabilidad para simplificar el proceso de montaje.

La hipótesis de trabajo que planteamos es que el carpintero debía efectuar en primer lugar aquellas zonas de la cubierta que contienen motivos ornamentales. La definición del lazo conlleva una serie de decisiones que afectan a toda la armadura: anchos de cuerda y calle, cartabón de armadura,... No podemos olvidar situarnos en el contexto de los conocimientos que manejaba el carpintero, y por tanto debemos tener en cuenta el hecho de que estas armaduras se ejecutaban sin el auxilio de una documentación gráfica previa. Esta ausencia de planos es la que obligaría a ejecutar en primer lugar los paños de almizate y los faldones con lacería.

La zona de almizate con lacería terminada se elevaría hasta situarse sobre una plataforma auxiliar a la cota exacta definitiva. La determinación de esta cota sería bien sencilla, pues no olvidemos que el carpintero, para la construcción del almizate, ha tenido que definir el ángulo de corte del nudillo en su encuentro con la alfarda y la longitud e inclinación del par. Los paños que contienen a las alfardas, rigidizados, como hemos dicho, por medio de la lacería apeinazada, se izarían de modo que, colocando la barbilla en el estribo y girándolos, se encontrarían con el almizate. La unión par-nudillo se efectuaría sin problemas, gracias a la coordinación dimensional a la que el carpintero se obliga para mantener el trazado decorativo. La zona de cubierta así terminada es altamente estable, permitiendo continuar el proceso de colocación de conjuntos de pares y nudillos, sin necesidad de arriostamientos externos.

La figura número 6 corresponde a la iglesia de Madre de Dios del Vado. En ella, y paradójicamente gracias a la lamentable desaparición de una zona de la cubierta, podemos observar, en primer lugar, que la zona de almizate con lacería ha permanecido estable, y en segundo lugar, que no se aprecia ninguna muesca o hendidura en los pares y en el nudillo extremo, que permita deducir algún tipo de conexión distinto de la hilera, entre lo que podemos denominar la zona de armadura con almizate prefabricado y el resto de los pares y nudillos ahora desaparecidos. Creemos que ello corrobora la hipótesis antes avanzada.

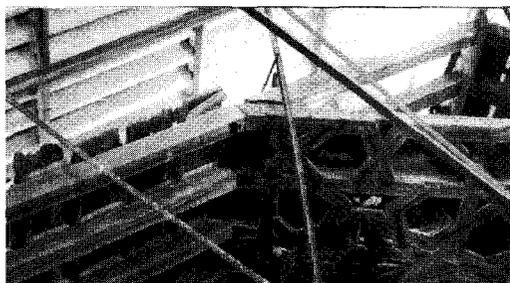


Figura 6

#### ORNAMENTO, CONSTRUCCIÓN Y ESTRUCTURA

Observamos que en muchos ejemplos (Iglesia de las Angustias e Iglesia de San Francisco, en nuestro caso), aparecen paños apeinazados de lacería en los extremos y en la zona central de las naves. Aquí se conjugan simultáneamente elementos formales, constructivos y estructurales. *Desde un punto de vista formal*, ¿qué sitios pueden ser mas adecuados para situar el ornamento que frente a la puerta lateral —la mas utilizada— y en ambos extremos de la nave?. *Constructivamente*, tiene bastante sentido comenzar estabilizando un extremo, continuar con pares y nudillos sueltos, unidos por la hilera a la zona estabilizada, y cuando la distancia empieza a ser importante, colocar una nueva zona indeformable en la sección central de la nave. *Estructuralmente*, vemos claramente plasmados criterios que hoy usamos para situar los pórticos de atado en nuestras estructuras: en los extremos de un edificio

y en pórticos intermedios para longitudes importantes.

Por otra parte, hay un aspecto de la conjunción entre ornamento y estructura en los paños de lacería que queremos destacar. En una armadura apeinazada, el aspecto externo lo proporcionan simultáneamente cuatro tipos de elementos: los elementos propiamente estructurales —pares, nudillos, peinazos—, los elementos que maclándose con los anteriores conforman el trazado de la lacería —taujeles—, los prismas triangulares y las piezas de relleno. Estas últimas, a nuestro entender, tienen una importante misión: se encargan de ocultar aquellas zonas estructurales cuya visión entorpecería la apariencia de

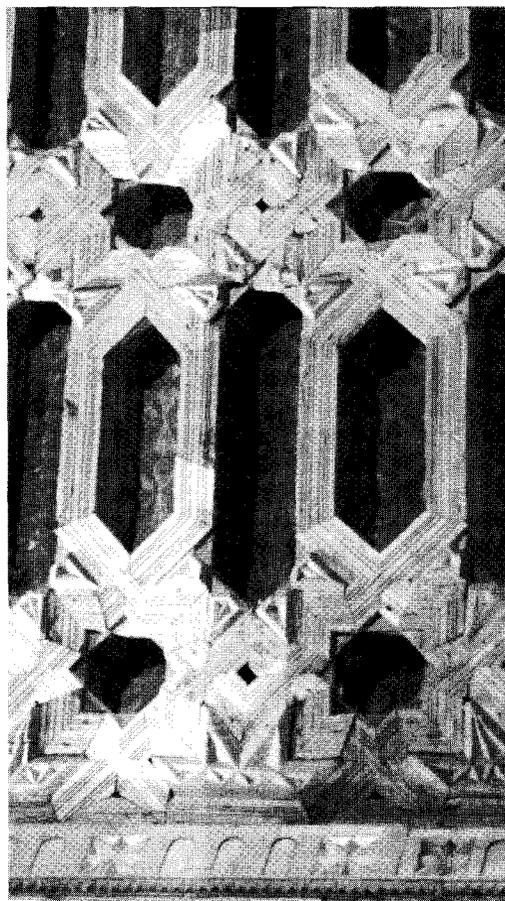


Figura 7

continuidad del trazado del lazo. En la figura 7, es el caso de las almedrillas en relieve que rodean cada estrella de ocho. Los prismas triangulares, además de la misión estructural indicada en el punto 3.1, permiten que, por ejemplo en el caso de las estrellas de ocho de la misma figura, la estrella se materialice además de en el plano inferior del almizate, en un plano situado unos dos centímetros por encima (el grueso de los taujeles).

En definitiva, el carpintero, aún siendo consciente de la importancia de la estructura que ha conseguido ejecutar, opta por primar el aspecto formal y pretende dejarnos con el interrogante del comportamiento estructural, lo cual aumenta si cabe el interés de estas bellas armaduras.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Nuere, E. (1985), *La carpintería de lo blanco, lectura dibujada del manuscrito de Lopez de Arenas*. Ministerio de Cultura. Madrid.
- Zocconi, M. (1972), «Tecniche costruttive nell'architettura Palladiana», en *Bollettino del centro internazionale di studi di architettura Andrea Palladio*, nº XIV, Pg 271-291. Vicenza.

#### NOTAS

1. En el prólogo de E. Nuere a la edición facsimil de *El lazo en el estilo Mudejar* (J. Galiay), encontramos una interesante aproximación a la autoría cristiana o musulmana de este tipo de estructuras.