

## Las bóvedas de madera en los tratados de arquitectura

**Pedro HURTADO VALDEZ\***

La primera referencia escrita sobre bóvedas de madera la encontramos en el texto de Vitruvio cuando trata del modo de efectuar los enlucidos en Roma:

«Cuando las circunstancias exijan formar techos abovedados, procédase del siguiente modo: se colocarán unos listones - o pequeñas vigas- rectos que guarden entre sí una distancia no mayor de dos pies; preferiblemente serán de ciprés, pues si son de abeto rápidamente se corrompen por la carcoma y por el paso de los años. Cuando los listones hayan sido fijados formando un arco, se asegurará el entramado o bien el techo abovedado mediante tirantes de madera, y con abundantes clavos de hierro quedarán bien sujetos. Los tirantes han de ser de una madera tal que no sea afectada ni por la carcoma, ni por el paso del tiempo, ni por la humedad, como es el boj, el enebro, el olivo, el roble, el ciprés y otros de similares cualidades; se exceptuar la encina, ya que se retuerce y, al abrirse, provoca grietas en las obras donde se utiliza.

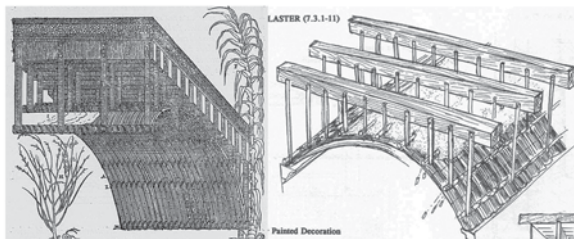
Fijados los listones, se sujetarán entre sí mediante una textura de cañas griegas aplastadas, que se atarán con cuerdas de esparto hispano, según lo exija la curvatura de la bóveda»<sup>1</sup>.

Esta descripción indica la realización de una bóveda de madera a partir de elementos lineales en lugar de utilizar maderos curvos para formarla, donde

---

\* Arquitecto. Docente de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Ricardo Palma (Lima-Perú). Miembro de ICOMOS en el Comité Científico Internacional para la Conservación del Patrimonio Arquitectónico en Tierra (ISCEAH).

Fig.1. Interpretación de Rusconi de la bóveda de madera de Vitruvio. (RUSCONI, 1590, p.102). Ejecución de una bóveda de madera descrita por Vitruvio, según la interpretación moderna de Howe. (VITRUVIUS, 1999, p.271).



será el tejido de caña el que finalmente definirá la curvatura de la bóveda<sup>2</sup>. Será Rusconi en 1590 a interpretar graficamente este sistema constructivo, siendo compartida aún en tiempos actuales por Howe (Fig.1)<sup>3</sup>.

La lectura de Vitruvio plantea también la reflexión que la construcción de bóvedas de madera era una técnica conocida desde épocas antiguas y que continuará durante la Edad Media<sup>4</sup>. Basta recordar la cúpula de madera de la iglesia de San Marco en Venecia (1231), construida sobre una cúpula de fábrica. Esta armadura estaba compuesta por múltiples riostras, puntales y tirantes, elementos escondidos en el espacio formado entre ambas bóvedas. Evidencias similares constituyen las cubiertas abovedadas de madera de la arquitectura normanda en Inglaterra, por ejemplo en la iglesia de Todos los Santos en East Meon (1150) o en la iglesia de Southwell (1198).

En cuanto a textos de esta época sólo se tiene noticia del cuaderno de dibujos efectuado por Villard De Honnecourt hacia el año 1235, que contiene las primeras referencias gráficas conocidas sobre armaduras de cubierta. En el manuscrito aparecen tres cubiertas, de las cuales dos corresponden a una armadura de palomillas, mientras la tercera cubierta constituye una armadura formada con pares y nudillo, además de riostras curvas que se entrecruzan (Fig.2). De Honnecourt mismo referirá el carácter abovedado de esta armadura cuando menciona que: «...si lo que queréis es una buena y ligera techumbre abovedada con vigas, fijaos en ésta»<sup>5</sup>.

Leonardo da Vinci también había realizado en el siglo XIV dibujos de vigas curvas que permitían salvar grandes distancias, obtenidas con piezas colocadas en rosca una sobre otra. Las uniones se solucionaban con empalmes en diente de sierra y clavijas metálicas que atravesaban el conjunto y que se curvaban mecánicamente, pero no entraba a detallar esta viga curva con más profundidad. Estos dibujos no serán conocidos sino hasta su publicación tiempo después en el Codex Atlanticus.

En el siglo XV aparece el tratado de León Battista Alberti (1485), quien tocará el tema de estructuras de madera. Sin embargo distingue entre las cubiertas de línea recta a realizarse con madera y las cubiertas abovedadas, las cuales a su parecer se debían construir con piedra, siendo contrario a cubrir las iglesias con estructuras de madera por el peligro de incendio:

«Que conviene que los techos de los templos sean en bóveda, para que no esten sujetos a incendio, como muchas cosas, y también la dignidad, y fabrica de los frontispicios. En los templos querria yo que por causa de la

dignidad y de la perpetuidad principalmente el techo fuesse de boveda: y no se cierto porque hado viene, que casi no hallareys templo alguno celebrado que por injuria del fuego no aya venido en perdición»<sup>6</sup>.

## Tratados del siglo XVI

Durante el siglo XVI el problema de la escasez de madera de grandes longitudes se agrava en Europa, situación que servirá como catalizador para el desarrollo de sistemas constructivos formados por piezas de menor longitud que la luz a salvar<sup>7</sup>. Dentro de esta corriente predominante, se tendrá la presencia de dos tratadistas que abordarán por vez primera en un texto no solo el modo de construir bóvedas de madera sino el de poder ejecutarlos a partir de piezas pequeñas, De L'Orme en Francia y Serlio en Italia<sup>8</sup>. Pero entre ambos planteamientos hay una gran diferencia, porque Serlio muestra una solución estructuras abovedadas de modo breve tanto gráfica como literalmente, sin dar detalles constructivos (Fig.3). Serlio mismo menciona que por las características de la armadura abovedada que dibuja «...se podría hacer una bella y fuerte pérgola en un jardín...»<sup>9</sup>. Es decir, en ningún momento se planteaba la posibilidad de cubrir la nave de una iglesia, estando dirigida a ambientes más domésticos con pequeñas luces a salvar. Por el contrario De L'Orme planteó en 1561 la posibilidad de cubrir espacios con bóvedas realizadas con arcos de madera (cerchas) formados por camones unidos por la testa y solapados con contracamones por el canto. Estas cerchas luego eran arriostradas transversalmente con espigas pasantes y sujetadas por clavijas (Fig.4). Ciertamente la intención de De L'Orme era presentar este sistema como una propuesta nueva, de la cual asume la paternidad e indica que trata de ser una alternativa para la obtención de piezas de gran longitud a bajo costo<sup>10</sup>.

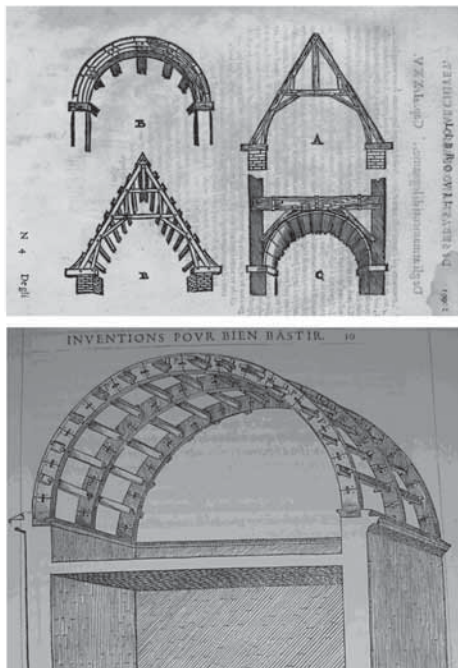
Antes de De L'Orme la arquitectura medieval, principalmente entre los años 1200 y 1400, trataba el tema de las bóvedas de madera a partir de piezas largas y robustas, que se armaban como grandes costillas y formaban parte de la estructura de cubierta, junto a otros elementos lineales o con la inclusión de elementos de refuerzo como tirantes o pendolones, propia de la arquitectura francesa y flamenca de aquel periodo<sup>11</sup>.

La propuesta de De L'Orme se distinguirá precisamente por la ruptura con las piezas de gran longitud para obtener una estructura abovedada, la cual se basada en el ensamblaje de piezas de una pulgada de espesor, 8 pulgadas



Fig.2. Armaduras de cubiertas en el cuaderno de Villard de Honnecourt. La figura superior derecha muestra rios-tras curvadas para formar la armadura. (DE HONNECOURT, 1235, f.34). Cercha de Leonardo, cuyas piezas presentan uniones en diente de sierra y clavijas metálicas. (HAHMANN, 2006, p.1503).

Fig.3. Dibujo de armaduras correspondiente al Libro VII. Las figuras B y C muestran cubiertas abovedadas. (SERLIO, 1600, f.199). Bóveda formada con cerchas de cañones unidas con clavijas de madera. (DE L'ORME, 1561, f.10).



de canto y 4 pies de longitud. Igualmente se plantea por vez primera la definición de un extradós curvo de la bóveda de madera, con piezas que por su longitud trataban de evitar demasiada superficie debilitada en la dirección de las fibras, al producirse el corte para darles el perfil curvo. El texto explica también como se preparan los apoyos en la base según el tipo de cubierta a realizar, formado generalmente por un encadenado en el que se realizaban cajeados para recibir las cerchas (Fig.5).

En cuanto a otros autores se puede mencionar que Vignola en 1562 se ocupó del estudio de la teoría de los órdenes, aunque en la edición de Thiolllet (1841), se introducen dibujos con la propuesta de De L'Orme

(Fig.6), constituyéndose más como un añadido de carácter personal de Thiolllet que como una interpretación gráfica del texto original<sup>12</sup>.

Por otro lado, el tratado de Palladio (1570) concentra principalmente el tema de las estructuras de celosía para el caso de puentes, mostrando al igual que sus coetáneos Serlio y De L'Orme una preocupación por conseguir establecer estructuras formadas por piezas de menor dimensión que la luz a salvar. A pesar que el texto de Palladio no entra en el estudio de los arcos o bóvedas de madera como lo hacen los otros dos, si hace referencia a dos edificios, el convento de la Caridad de Venecia y las bodegas de Moncenigo, que tenían por cubierta unas bóvedas encamionadas resaltando el hecho del poco peso de éstas:

«Las bóvedas de estas son encamionadas de caña para que pesen poco»...«Las piezas mayores tienen las bóvedas, altas veinte y un pies; y la construcción de estas es encamionado de cañas para que sean ligeras»<sup>13</sup>.

## Tratados del Siglo XVII

En el ámbito de la carpintería de lo blanco español, los tres tratadistas más conocidos del siglo XVII fueron el alarife de Sevilla Diego López de Arenas (1633), el fraile agustino Andrés de San Miguel y el maestro de obras de Salamanca Rodrigo Alvarez (1699). López de Arenas refiere diversos aspectos de la construcción con madera, centrandó su discurso principalmente en el modo de realizar los artesonados y las lacerías, explicando asimismo las re-

glas de dimensionados. Pero cuando aborda las medias naranjas solo toca su traza geométrica con una concisa descripción del modo de ejecutarla:

«Si la quisieres hazer en diez cascos, la demostraré aquí toda enteramente, por la mucha similitud que tiene con la esfera, sea la quadra y buelta redonda de su estribo A.B.C.D. haz su anchura seis partes la linea que la corta por el centro y de ella básate con una sexta parte, como lo dize E.F. y pon el punto del compas en el centro del quadrado, y punto G. y describe alrededor una parte de circulo, empeçando en el punto E. y acabando en el punto F. acrecientale agora los peraltes en esta parte del circulo, y quedarán incluso los dos camones, y en la planta sacarás los campaneos que tiene cada camon, dándoselos por la orden que se da a la campana de la lima de la media caña...

Y en quanto a los empalmes de los camones, se hará conforme se demuestra en los dos camones de la primera demostración, traçando primero un suelo llano, y a proposito, los dichos camones; y en la misma traça de ellos se irán sacando sus plantillas con su diente, como parece en la demostración; porque no avrá madera que alcance a dar todo el camon con toda la buelta que ha menester.

Esta demostración que se sigue es de las dos medias naranjas...»<sup>14</sup>.

Esta descripción resulta algo extraña, tanto igual como los dibujos que adjunta (Fig.7). Muestra el ensamble con un rayo de Júpiter de dos piezas que por su longitud hace pensar más en el curvado de la madera que en realización de los arcos con tablas cortas, procurando una junta que obedece principalmente a un trabajo a tracción. Igualmente la mención del campaneo de las «medias cañas» aplicadas a las cerchas que forman los arcos de la cúpula resulta una complicada labor sin justificación aparente, solo acostumbradas a hacerlas en las armaduras con limas moamares, para acompañar la curvatura y el paralelismo de los maderos de las esquinas<sup>15</sup>.

Al igual que el tratado anterior Fray Andrés de San Miguel aborda las cubiertas curvas cuando hace referencia a la traza de una cúpula de madera y de la media caña (Fig.8):

«De cómo sacar la cercha de la media naranja para ponerla en traza. Para esto se forma el círculo a.b de sobre el centro e y tirada la línea e y distante de la a.b una de veynte partes del quarto del circulo se forma sobre ella el circulo e.h.g luego se parte el semicírculo e.g.l en los tamaños yguales que se quisieren aquí esta partido en cinco tamaños. y tiradas las lineas paralellas y a plomo 4.3.2.1 se forman sobre ellas desde el centro .f los semicírculos 4.3.2.1 y partido el cemicirculo en quatro partes ygua-

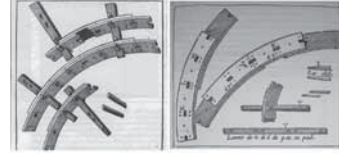


Fig.4: Características constructivas de las cerchas en camonadas de De L'Orne, formadas por camones y contracamones atravesados por espigas pasantes que hacen la función de rios-tras. Características y dimensiones de los camones, contracamones, espigas y clavijas de madera. (DE L'ORNE, 1561, f.9-10v)

les, cada una dellas sera una de ocho que tendra esta media naranja y para ponerla en la forma que a de tener la traza se tira la linea m.n y tomada la distancia f.4 se señalan con esta medida sobre la linea m.n tantos puntos como tiene el quarto del circulo e.g.l plomos y se tiraran las lineas paralellas que alli seran 1.2.3.4.5 y tomando con el compas en 5 uno los quatro cascos en que se parte el semicírculo la distancias de los plomos se ban pasando desta manera puesta la punta del compas en .1 se toman los dos puntos l.h y se hechan sobre la linea .m.e y bolviendo mas la distancia .2 con su circulo se hecha esta medida en la linea 2 y assi las demas hasta .5 y en una tablilla se hase la cercha que toma todos los puntos con que se traza en papel».<sup>16</sup>

Es difícil explicar porque Fray Andrés de San Miguel no entró a detallar el modo de construir la cúpula cuya traza describe, ni siquiera en su aspecto básico del modo de ejecutar las cerchas con camones o el tipo de ensamblajes recomendados para este tipo de estructura. Por el contrario la explicación que nos da sobre el modo de obtener las cerchas de una media caña y la traza del lazo que habría de llevar resulta ser muy detallada. Tal vez San Miguel prefirió dar a conocer el modo de obtener una cercha más compleja que el de una media naranja que posee una sección constante.

Un tratado importante en el ámbito hispano es el de de San Nicolás, quien en la primera parte de su obra explica brevemente la manera de realizar una bóveda tabicada y otra encamonada, según la tradición constructiva castellana:

«...Demas de lo dicho se puede ofrecer en algun salon hazer alguna bobeda rebaxada, y esta unas vezes se haze encamonada, haziendo camones de madera, que son unos pedaços de viguetas, ò tablones, y fixanse en el asiento de la bobeda, y rematan en el un tercio de su lado, y de unos a otros se tabican, y queda la bobeda con menos peso: y por el exemplo precedente lo entenderas mejor, aunque no es la misma traça. Supongo, que en el hueco .A.B. quieres hazer la bobeda rebaxada .A.C.B. y que es su suelo de madera .M.N. clava en el suelo de parte a parte dos ristreles con buenos clavos, en el lugar que demuettra .S. T. despues a cada madero echa las çancas o tornapuntas .P.Q.L.V. y desde el asiento de la bobeda .A.B. vè tabicando de sencillo hasta los ristreles; y lo que ay de uno a otro ristrel entre madero y madero, passarès el tabicado de bobeda, y lo demas del suelo bien entomigado, jaharrarès segun queda dicho en el cap.50. y quedara como el deseño lo demuestra.

Es bobeda segura de poco peso, por ser tabicada de sencillo, y yo la tengo hecha de quarenta pies de largo, diez y ocho de ancho, con solos tres pies de buelta. Si fuere encamonada, sentarès los camones en el lugar

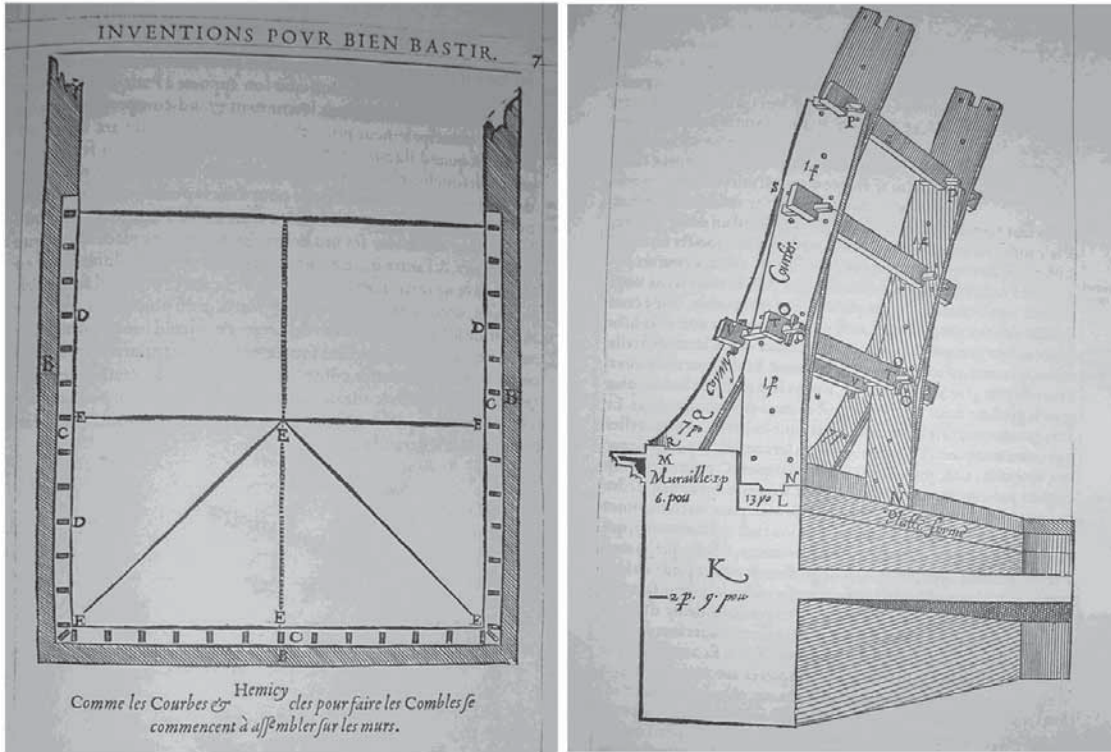


Fig. 5: Detalle del encadenado de base sobre el que se apoyan las cerchas y del encuentro entre las cerchas y el encadenado. (DE L'ORME, 1561, f.7, 18).

que están las çancas, ò tornapuntas, con la parte de buelta que les toca».<sup>17</sup>

Refiere que las cerchas de camones se colocarán desde el arranque de la bóveda, posiblemente sobre un encadenado de madera, y que se deberán incluir ladrillos hasta un tercio de la altura además de tornapuntas a fin de dotarla de mayor estabilidad no solo por los empujes sino ante la actuación del viento y que servirán también a dar la forma al intradós (Fig.9).

Fuera del párrafo anterior no vuelve a hacer mención a las bóvedas encamonadas, aunque explica en la segunda parte de su obra el modo de cubrir capillas de planta hemicy circular con chapiteles de madera, adjuntando un dibujo del mismo<sup>18</sup>. El chapitel que muestra se trata de una estructura de perfil poligonal por fuera y semiesférico por dentro (Fig.10), es decir una armadura de paños curvos sobre planta octogonal resuelta mediante cerchas radiales y que San Nicolás proponía como una alternativa a las cúpulas de piedra, tanto por su economía como por su posibilidad de dar menos empujes.

Por su parte el tratado de Rodrigo Álvarez no aporta nada nuevo en la discusión sobre bóvedas de madera, aunque muestra un dibujo exactamente similar al de San Nicolás donde cubre una capilla con una estructura con intradós curvo refiriendo que se trata de un chapitel, por tanto aclarando el error de considerar esta estructura como una cúpula encamonada. Además refiere algunas dimensiones para la realización de las cerchas de esta estructura:

Fig.6. Dibujos de Thiollet con distintas armaduras dentro de las cuales aparecen los arcos enclavados de De L'Orme. (VIGNOLA, 1841, L.44).



«...Y para trazar los Pares es necesario Primero, trazar la montea De los Zerchones... dandole a los Cerchones una tercia de ancho con la montea... se dara la circunferencia con el compas para trazar los Cerchones...». <sup>19</sup>

La obra de Simón García (1681) en su apartado sobre carpintería reproduce literalmente solo los capítulos XLVII y XLVIII del tratado de San Nicolás. Por tanto no llega a abordar el tema de las bóvedas que San Nicolás describía en el capítulo LII de la primera

parte de su texto.

Fuera de España aparece en Francia la obra de de Louis Savot (1624), refiriendo el tipo de cubiertas de madera que se hacían en tierras galas. Explica entre otras tipologías las cubiertas de mansardas formadas con pares curvos denominados «jambes de forces» (Fig.11), aunque no llega a estudiar algún tipo de cubierta abovedada de madera o detalles más específicos de cómo lograr maderos curvos. Savot también pone de manifiesto el tratar de lograr cubrir espacios utilizando piezas de pequeño tamaño.

De forma contemporánea a Savot aparece el texto de Pierre Le Muet, quien describe por medio de plantas, alzados y secciones las soluciones espaciales y en algunas ocasiones los detalles constructivos de los edificios que le sirven de ejemplo. No llega a desarrollar bóvedas de madera, pero en algunas de sus cubiertas los pares inferiores se realizan con «jambes de forces» cuando se instalaban sobre plataformas. Refiere también la definición de un intradós curvo en la parte inferior de las mansardas, las cuales se sostenían de una estructura superior. Estas láminas aparecerán recién en la edición de 1681.<sup>20</sup>

Algunos años después Mathurin Jousse recoge las prácticas de la construcción con madera en Francia en su tratado de 1627.<sup>21</sup> Es un extenso tratado donde describe diversos tipos de armaduras de cubierta, cimbras y sistemas de refuerzos para vigas. Dentro de esta variedad de soluciones aborda las cubiertas con interior abovedado, aunque en este caso solo para definir el espacio interior, con una solución más parecida al uso de pares inferiores curvos del tipo mansarda que a las propuestas del tipo de De L'Orme, o en su defecto las cúpulas elaboradas con tirantes y riostras en el intradós.

En 1691 se publica el Cours D'Architecture de Augustin-Charles D'Aviler dedicado principalmente al estudio de los órdenes arquitectónicos. Emplea solo cuatro páginas y dos láminas para referirse a las estructuras de madera, aunque toca la forma de elaborar una cúpula de faldones curvos sobre

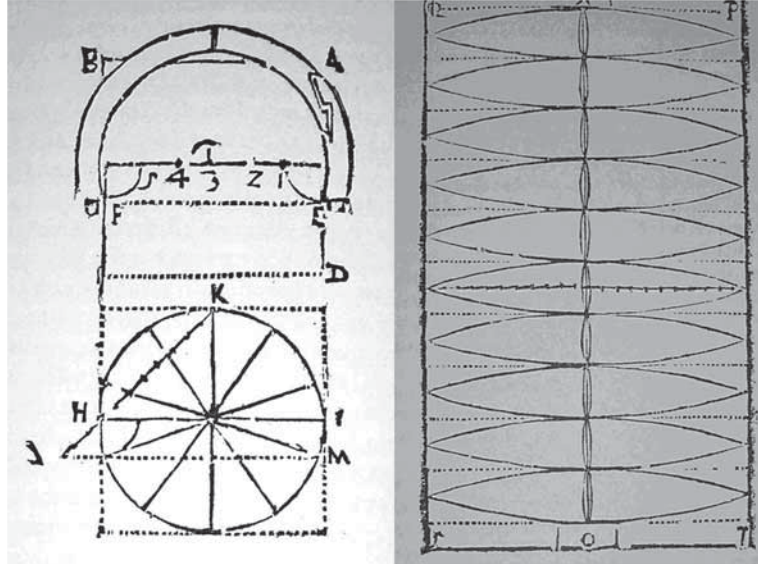


Fig.7. Lámina de López de Arenas, con el tipo de cerchas que obtiene con una unión en rayo de Júpiter y planta del desarrollo de los cascos de la media naranja. (LOPEZ, 1633).

planta cuadrada y una cúpula peraltada sobre planta circular (Fig.12). Como en el caso de Jousse se trata de estructuras formadas por tirantes, riostras y puntales muy alejadas de las características de las cúpulas encamionadas de De L'Orme.

En Inglaterra Christopher Wren desarrolló cubiertas abovedadas conformadas por riostras y puntales, aunque definía los arcos sobre ellos con camones al modo como lo explicaba De L'Orme. Por su parte Johann Wilhelm, en el escenario germano, publica la obra Architectura Civiles en 1649. Aquí se aborda las armaduras de cubierta con distintas tipologías de tijeras, aproximándose a las armaduras de palomillas inglesas y con piezas curvas inferiores formadas por diversos camones. No obstante esta obra no llega a desarrollar de manera clara la tipología de cubiertas abovedadas.

Los estudios para determinar científicamente las características de este tipo de estructuras quedarán estancados hasta 1797 cuando David Gilly retoma el planteamiento de De L'Orme para evaluar el comportamiento de las cerchas encamionadas, pero considerando erroneamente que estas estructuras seguían el mismo principio de los arcos de fábrica. Igualmente Johann Albert Eytelwein (1764-1848) estudió estas cerchas, asumiendo las juntas como conexiones rígidas, considerando que la transmisión de los esfuerzos en compresión en ellas era de la misma característica del producido en los arcos de fábrica. Por su parte Franz Joseph Ritter von Gerstner (1756-1832) trabajó sobre el análisis de la capacidad de carga de las cerchas encamionadas pero en su aplicación a puentes, las cuales se ensamblaban tratando de seguir una imaginaria línea de empujes. Aún en 1850 Johann Andreas Romberg recomendaba construir cerchas encamionadas siguiendo la forma de una catenaria invertida.

Fig.8. Lamina de San Miguel explicando el trazo geométrico de una cúpula de madera. (NUERE, 1990).

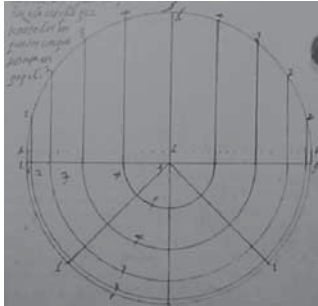
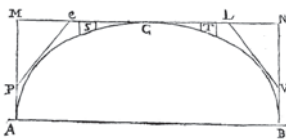


Fig.9: Trazo de una bóveda encamonada según el tipo español. La bóveda está suspendida de una armadura plana, con tornapuntas que disminuyen la luz a salvar y ayudan a formar la curvatura del intradós. (SAN NICOLAS, 1639, f.92).



Consideraciones propias de los arcos de fábrica, como la forma ideal y los resultantes de las reacciones dominaron la discusión científica europea sobre las cerchas (arcos de madera) hasta el siglo XIX.

## Tratados posteriores

Durante el siglo XVIII aparecen otros tratados que describían soluciones de bóvedas de madera, aunque la mayor parte son recopilaciones y clasificaciones de soluciones anteriores. Así García Berruguilla en su texto de 1747 muestra una cúpula con linterna ejecutada bajo el sistema de celosía (Fig.13) y Benito

Bails en 1796 incluye una lámina, la cual no hace sino reflejar las características constructivas de una cúpula de madera sobre otra cúpula de fábrica, realizada con muchos tirantes y riostras, propia de las cúpulas de madera francesas (Fig.14).<sup>22</sup> Estos casos muestran armaduras lejanas de las propuestas espaciales y constructivas definidas en los tratados de De L'Orme o San Nicolás.

En 1831 Rondelet explicaría el modo de construir diversas formas de bóvedas de madera en los mismos términos de Bails, es decir formado por elementos curvos (cerchas) combinados con elementos lineales de arriostramiento. Siguiendo a Vitruvio reconoce que estas bóvedas de madera eran conocidas por los antiguos romanos, pero que por sus características no fueron utilizadas más que para cubrir espacios domésticos porque se pensaba que no garantizaba estabilidad para superar grandes luces.<sup>23</sup>

Sin embargo cree que la forma correcta para construir bóvedas de madera sería seguir las recomendaciones de De L'Orme, aunque lo contradice en la mayor seguridad de colocar las riostras en los bordes de los arcos en muescas realizadas para tal fin, evitando abrir perforaciones en el centro de los camones como proponía De L'Orme. También recomienda que estas bóvedas debieran unirse a una armadura formada por pares y tirantes para dotarla de más estabilidad.

Giuseppe Valadier en el siglo XIX describirá las bóvedas encamonadas que se ejecutaban en Italia, mostrando estructuras con características similares a las descritas por Fray Lorenzo de San Nicolás, es decir sin realizar los recortes de los camones para producir el extradós curvo, además de estar colgadas de una armadura de madera superior (Fig.15).<sup>24</sup> Tal vez se evitaba este tipo de recorte ante el temor de debilitar el camón en el sentido de las fibras.

A finales del siglo XIX en España también se editan textos que tratan el tema de las bóvedas de madera. En 1889 Arias y Scala saca a la luz la primera edición de su tratado, el cual sería reeditado en 1891 y 1893, donde toca de un modo extenso todas las posibilidades de cubrir un espacio

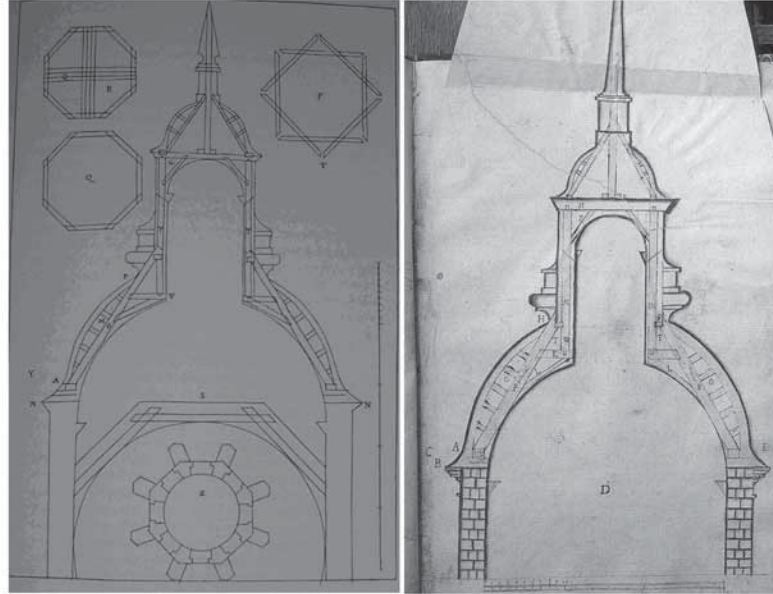


Fig.10. Lámina de Fray Lorenzo de San Nicolás mostrando la armadura de un chapitel de madera. (SAN NICOLÁS, 1639). Armadura de un chapitel según Rodrigo Alvarez. (ALVAREZ, 16??).

con bóvedas de madera, haciendo referencia a una amplia variedad de sistemas conocidos en la época. Distingue principalmente dos tipos de sistemas constructivos, uno de ellos está referido a las bóvedas planteadas por De L'Orme denominándola «sistema de tablas puestas de punta y canto» (Fig.16). Aunque finalmente cree que la mejor opción es el «sistema de tablas puestas de plano» de Emy.<sup>25</sup> En ambas propuestas detalla de modo preciso, apoyándose en algunos casos en la geometría descriptiva, el modo de obtener cada una de las piezas y ensambles necesarios para construir una bóveda de madera de acuerdo a la forma de intradós deseado. Refiere también que los constructores que utilizaron el sistema de De L'Orme no siguieron integralmente la solución del francés:

«Al aplicar los constructores en general el sistema de Filiberto Delorme, no siempre lo han hecho copiándolo tal como él, lo demostró, sino que se han introducido variaciones que le han hecho de más fácil ejecución, de aplicación más ventajosa y más económica; sin embargo, algunos de los cambios ejecutados ó propuestos demuestran que sus autores no siempre han comprendido bien el tal invento».<sup>26</sup>

En 1900 Rovira y Rabassa explicará también con claridad el modo de trazar y construir bóvedas encamionadas, incluyendo tablas curvas tanto en intradós como en extradós (Fig.17). Atribuye a De L'Orme la invención del sistema de camones de «curva por canto», reconociendo en él la economía que se produce, pero también la solidez del sistema. Además explica otros métodos constructivos de bóvedas de madera conocidos en la época, como el de las roscas superpuestas o «curva por tabla» cuya paternidad al igual que Arias y Scala se lo da a Armand Emy.<sup>27</sup>

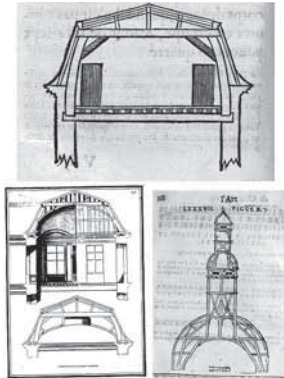
110

b

i

a

**Fig.11.** Armaduras de mansardas con pares inferiores curvos o «jambes de forces». (SAVOT, 1624, p.310). Armaduras de mansardas con pares inferiores curvos. (LE MUET 1681, L.75). Solución para armaduras de cúpulas con tirantes, puntales y riostras según la costumbre francesa. (JOUSSE, 1627, p.118).



En este recorrido por la historia de los tratados hemos podido observar como desde la antigüedad fue una preocupación de los constructores la ejecución de bóvedas de madera. Las razones para su uso han sido muy variadas, no solamente vistas desde la economía de su construcción como factor determinante, sino también por la facilidad de su ejecución que ayudaba a cambiar la percepción de los espacios de acuerdo a las modas y a la seguridad que brindaba, principalmente en zonas con problemas de asentamientos del suelo, como en Venecia, o con sismos frecuentes, como Lima.

## BIBLIOGRAFÍA

**Fig.12.** Cúpula de madera formada por tirantes y múltiples riostras. (D'AVILER, 1691, p.188).



ALBERTI, Leone Battista. 1485. Leonis Baptistae de Re aedificatoria libri X. Florencia: N. Laurentii Alamanni.

ALBERTI, Leon Baptista. 1582. De re aedificatoria ó los diez libros de arquitectura de Leonbatista Alberti, traducido del latin por Francisco Lozano, alarife de la villa de Madrid a la vista del texto toscano de Cosme Bartola academico Florentino y con los grabados de este, facs. Ed. Oviedo. 1975.

ALVAREZ, Rodrigo. 16??. Breve compendio de la carpintería y trazado de lo blanco, con algunas cosas tocantes a la Iometría y puntas del compás. Salamanca: Ms. Fundación Lázaro Galdiano de Madrid.

ARIAS Y SCALA, Federico de. 1893. Carpintería antigua y moderna. Barcelona: F. Nacente, Editor.

BAILS, Benito. 1796. Director de Matemáticas de la Real Academia de S. Fernando. Tom. IX. Parte I. que trata De la Arquitectura Civil, segunda edición. Madrid: Imprenta de la Viuda de D. Joaquin Ibarra, facs. Ed. Valencia: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Murcia, 1983.

CHOISY, Auguste. 1970. Historia de la arquitectura, vol.1, 2. Buenos Aires: Editorial Victor Leru, vol.2.

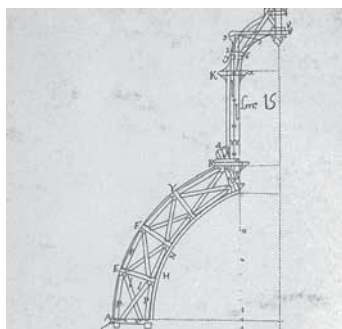
COURTENAY, Lynn T. 2004. Medieval Roof Carpentry: charpente lambrissée.

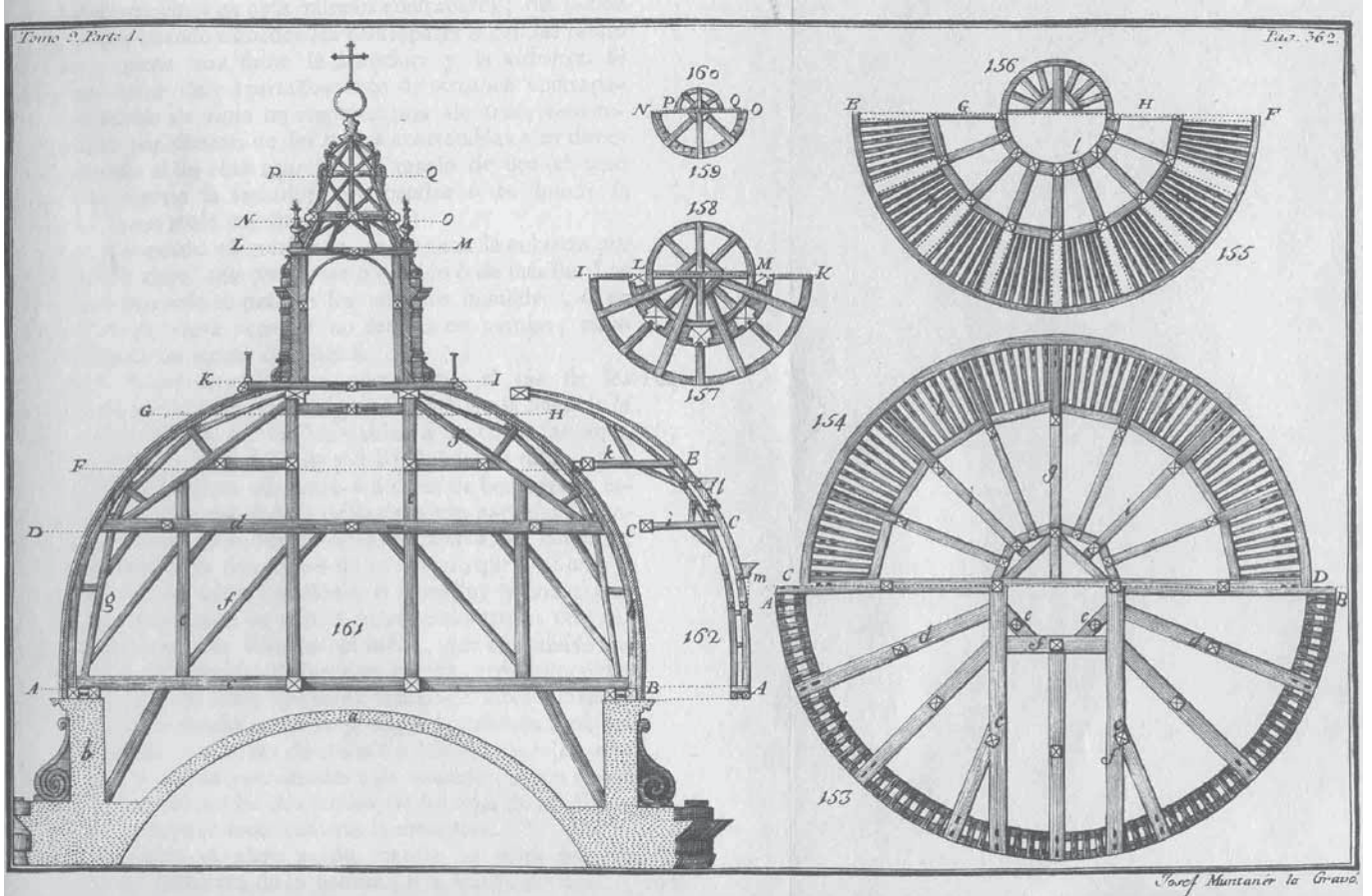
En Timber Framing 72, pp.8-15. Becket: The Timber Frame Guild.

DE HONNECOURT, Villard. 1235. Cuaderno. Siglo XIII. Manuscrito conservado en la Biblioteca Nacional de París (n.19093): Carnet de Villard de Honnecourt, facs. Ed. Madrid: Ediciones Akal S.A., traducción Yago Batja de Quiroga, 1991.

D'AVILER, Augustin Charles. 1691. Cours d'Architecture. Tours d'Architecture qui comprend les Or-

**Fig.13:** Solución de armadura en celosía para una cúpula. (GARCIA BERRUGUILLA, 1747).





dres de Vignole...Explications des termes d'Architecture, vol:1-2. París: Nicolas Langlois.

DE L'ORME, Philibert. 1561. Traités d'architecture: Nouvelles Inventions pour bien bastir et à petits fraiz. Premier Tome de l'Architecture. Paris: facs. Ed. Paris: Léonce Laget, Libraire-Éditeur, 1988.

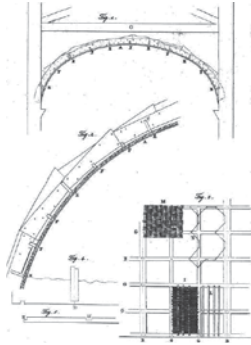
GARCIA, Simón. 1681. Compendio de arquitectura y simetría de los templos conforme a la medida del cuerpo humano, por Simón García, archirecto natura de Salamanca. Madrid: Ms.8884 Biblioteca Nacional, facs. Ed. Valladolid: C. O. de Arquitectos, 1991.

GARCIA BERRUGUILLA, Juan. 1747. Verdadera práctica de las resoluciones de la Geometría, sobre las tres dimensiones para un perfecto archirecto, con una total resolución para medir, y dividir la planimetría para los agrimensores. Madrid: Imprenta de Lorenzo Francisco Mojados, facs. Ed. Murcia: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Murcia, 1979.

HAHMANN, Lydia. 2006. How stiff is a curved timber plank? Historical discussions about curved-plank structures. En Proceedings of the Second International Congress on Construction History, vol.2, pp.1501-1516. Cambridge: Malcom Dunkeld, James Campbell, Hentie Louw, Michael Tutton, Bill Addis y Robert Thorne, ed.

**Fig.14:** Cúpula de madera con tirantes y riostras, tomado de Blondel por Benito Bails. (BAILS, 1796.).

Fig.15: Cerchas de las bóvedas encajonadas en el tratado de Giuseppe Valadier del siglo XIX. (TAMPONE, 2001).



JOUSSE, Mathurin. 1702. *L'art de Charpenterie de Mathurin Jousse, corrige et augmenté par Mr. De La Hire*. París: 2ª ed., T. Moette, Première edition 1627, facs. Ed. París: P. Laget, 1978.

LE MUET, Pierre. 1681. *Manière de bien bastir pour toute sorte de personnes*. París: F. Jollain, 2 parts.

LOPEZ DE ARENAS, Diego. 1633. *Breve compendio de la carpintería de lo blanco y tratado de alarife*. Editada por Luis Espinan, facs. Ed. Valencia: Albatros, 1982.

NUERE MATAUCO, Enrique. 1990. *La carpintería de lo blanco*, lectura dibujada del manuscrito de Fray Andrés de San Miguel. Málaga: Colegio Oficial de Arquitectos de Andalucía Oriental.

PALLADIO, Andrea. 1570. *I Quattro Libri dell'Architettura di Andrea Palladio*. Venecia: Dominico de' Franceschi, facs. Ed. Madrid: Ediciones Akal, 1988.

RONDELET, Giovanni. 1831. *Trattato teorico e pratico dell'arte di edificare*. Mantova: Società Editrice coi tipi di L. Caranenti.

ROVIRA Y RABASSA, Antonio. 1900. *La madera y su estereotomía*. Barcelona: Librería de Alvaro Verdaguer.

RUSCONI, Antonio. 1590. *Della architettura, con centosettanta figure diseg-nate dal medesimo, secondo i precetti di Vitruvio*. Venecia: I Gioliti.

SAN NICOLAS, Fray Lauerencio de. 1639. *Arte y Uso de Arquitectura*. Madrid: s.i., facs. Ed. Madrid: Albatros, 1989.

SAVOT, Louis. 1624. *L'Architecture françoise des bastimens particuliers, composée par Me Louis Savot*. París: S. Cramoisy.

SERLIO, Sebastiano. 1552. *Tercero y Quarto Libro de Architettura, Traduzido de Toscano en Romance castellano por Francisco Villalpando Architecto*. Toledo: En Casa de Juan de Ayala, facs. Ed. Barcelona: Alta Fulla, 1990.

SERLIO, Sebastiano. 1600. *Tutte l'opere d'architettura, et prrospectiva, di Sebastiano Serlio bolognese, dove si mettono in disegno tutte le maniere di edifici, e si trattano di quelle cose, che sono più necessarie a sapere gli Architetti...Diviso in sette libri. Seconda parte*. Venecia: facs. Ed. Oviedo: Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Asturias, 1986.

TAMPONE, Genaro. 2001. *Acquaintance of the ancient timber structures*. En *Proceedings of Historical Constructions*, 117-143. Guimarães: P.B. Lourenço & P. Roca, ed.

VIGNOLA, G.B. de. 1841. *El Vignola de los propietarios o los cinco órdenes de arquitectura, de G. B. de Vignola, por Moisy padre, seguido de la carpintería, el maderaje y la cerrajería, por Thiollet hijo*. Paris: Théodore Lefèvre, facs. Ed. Murcia: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, 1981.

VITRUBIO, Marco. 1787. *Los Diez Libros de Architectura. Traducidos del latín y comentado por D. Joseph Ortíz y Sanz, presbítero*. Madrid: Imprenta

Real, facs. Ed. Barcelona: Editorial Alta Fulla, 1987, pp.171-172.

VITRUBIO, Marco. 1995. Los Diez Libros de Arquitectura. Madrid: Alianza Editorial.

VITRUVIO, Marco Lucio. 1986. Los diez libros de Arquitectura. Barcelona: Editorial Iberia S.A., pp.176-177.

VITRUVIUS, Marco. 1999. Ten books on architecture. Commentary and illustrations by Thomas Noble Howe with additional commentary of D. Rowland and Michael J. Dejar. Cambridge: Cambridge University Press.

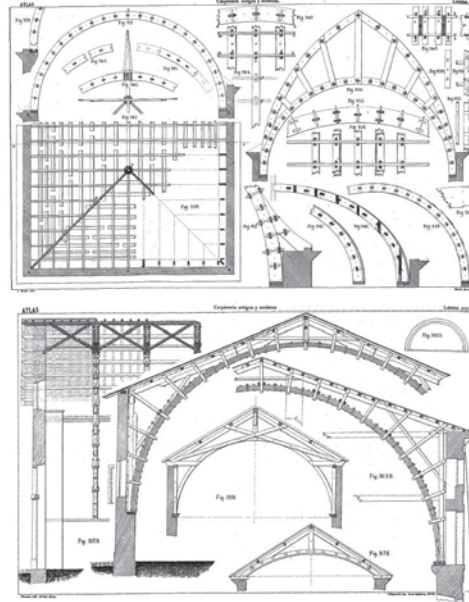


Fig.16: Detalle de las piezas y ensambles en las bóvedas del tipo de De L'Orme y Emy. (ARIAS Y SCALA, 1893).

## NOTAS

(1) (VITRUBIO: 1995, p.267).

(2) Algunas traducciones del texto de Vitruvio mencionan las palabras «camón» para referirse al tejido curvo de caña y «encamonado» para designar a la bóveda como tal. Véase (VITRUBIO: 1787, pp.171-172), (VITRUVIO: 1986, pp.176-177).

(3) La traducción de Vitruvio en el texto italiano de Rusconi o inglés de Howe tampoco consignan la construcción de bóvedas con arcos de madera, sino de listones de madera y caña. Véase (VITRUVIUS: 1999), (RUSCONI, Antonio. 1590).

(4) Choisy muestra dibujos en los cuales planteaba la hipótesis del origen de las bóvedas pétreas de la India a partir de la construcción de bóvedas de madera. Véase (CHOISY: 1970, vol.2, pp.44-45).

(5) «Et se vos volés veir I bon conble léger a volte de fust, prendés aluec garde». (DE HONNECOURT: 1235, f.34).

(6) (ALBERTI: 1582, Libro VII, p.215).

(7) Se debe tener en cuenta que la escasez de madera se había notado ya durante el Medioevo y que el mismo Villard de Honnecourt dibujó un modelo de ensamblaje de cubierta plana con piezas pequeñas, que después será retomado por Serlio. Véase (DE HONNECOURT: 1235, f.23).

(8) Véase (DE L'ORME: 1561). En cuanto a Serlio se debe considerar que la primera edición del tratado de Serlio es de 1537 y su traducción al castellano corresponde a la edición de 1552. Sin embargo estos textos se refieren solo a los Libros Tercero y Cuarto, siendo la edición completa traducida al español de 1600, donde se incluye el Libro Siete que es el que muestra los dibujos de bóvedas de madera.

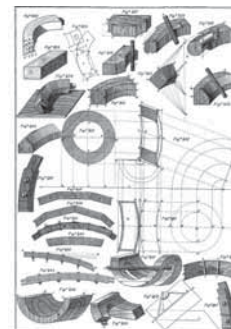


Fig.17: Diversos modos de obtenerse piezas curvas, dentro de los cuales se consignan los sistemas de De L'Orme y Emy. (ROVIRA Y RABASSA, 1900).

(9) (SERLIO: 1600, f.199).

(10) «...cette invention n'a point esté pour lucrative...mais plustost pour la necessité des grands bois qui ne se trouvent plus en France...». (DE L'ORME: 1561, Cap. III, f.4).

(11) El ejemplo más temprano conocido y datado de bóveda de madera en tierras flamencas corresponde a la bóveda de la sala capitular de la abadía de Val Saint-Lambert (1233-1234) en Seraing (Bélgica). En Francia se tiene los ejemplos del palacio episcopal de Auxerre (1248-1249) y del palacio obispal de Lyon de 1250. (COURTENAY: 2004, p.10).

(12) (VIGNOLA: 1841, L.44).

(13) (PALLADIO: 1570, L.II, cap.VI, p.51 - cap.XIV, p.61)

(14) (LOPEZ DE ARENAS: 1633, f.32v-33v).

(15) En la carpintería de lo blanco se designaban como «medias cañas» a las bóvedas de madera en rincón de claustro. Cuando se realizaban con limas moamares (dos limas paralelas que partían de la esquina correspondiente a cada muro y concurrían en lo alto) era necesario ejecutar una corrección geométrica definida por la torsión de los maderos para producir la curvatura sin perder el paralelismo de las caras verticales de las piezas. Este trabajo era conocido como «campaneo».

(16) (NUERE: 1990, f.88).

(17) (SAN NICOLAS: 1639, Primera parte, Cap.52, f.91-92v).

(18) (Ibidem. 1639, Segunda parte, Cap.51, f.189-193).

(19) RODRIGO ALVAREZ. 16??. Op. cit., f.45b-46.

(20) (LE MUET: 1681, p.95). La primera edición de la obra de Le Muet vió la luz en 1624.

(21) (JOUSSE : 1702, p.102).

(22) (BAILS: 1796, p.362).

(23) «Questo processo fu conosciuto dagli antichi Romani; ma sembra, secondo Vitruvio, che non ne facessero uso che nelle costruzioni particolari. Abbiamo fatto conoscere parlando degli stucchi, nel Libro IV, Sezione IV, Capo III, le particolarità in cui entra quest'autore sulla formazione delle volte di questo genere, e noi abbiamo osservato che l'insieme ch'egli describe non poteva mai produrre un'opera molto solida oltre le dimensioni più ristrette». (RONDELET: 1831, p.78).

(24) (TAMPONE: 2001, p.136-137).

(25) En el sistema de Emy las tablas no necesitaban poseer un perfil curvo porque todas las piezas son rectas, colocandose las tablas arqueadas como roscas superpuestas, con ensambles por muescas en forma alternados y abrazando toda la sección de la cercha con cinchos de hierro.

(26) (ARIAS Y SCALA: 1893, Cap.XXVII, 322).

(27) (ROVIRA Y RABASSA: 1900, pp.385-388). Una primera aproximación al sistema de roscas superpuestas, o curva por tabla, había sido esbozado por Serlio y Faustus Verantius siglos antes que Emy.