

## Comentarios explicativos

### 0. Introducción

En este número 9 de la Revista de Edificación se comenta la lámina número 125 de la obra "TRAITE DE L'ART DE LA CHARPENTERIE". En ella aparecen diversos ejemplos de diferentes clases de andamios. Con esta lámina, complementaría de las dos anteriores, dejaremos de momento el tema de los ANDAMIOS, para pasar en los próximos números al tema de las ESTRUCTURAS DE MADERA PARA CUBIERTAS DE GRANDES ESPACIOS utilizadas en otras épocas.

### 1. Andamios giratorios con plataforma de trabajo móvil

Las figuras 6 y 11 de esta lámina 125 representan las secciones verticales de dos ejemplos nuevos de andamios giratorios para realizar trabajos en el intradós de cúpulas de medianas dimensiones.

#### 1.1. Andamios giratorios con plataforma de trabajo sobre ruedas (figuras 5, 6 y 9)

La figura 5 representa la planta de un bastidor que, colocado horizontalmente, sirve de base al conjunto del andamio. Este bastidor está compuesto por dos viguetas **a**, arriostradas entre sí por las piezas transversales **m** y **n** y por el tablado de la plataforma **ik**. El conjunto queda rigidizado por la triangulación conseguida con dos piezas colocadas entre las viguetas **a** en forma de cruz de San Andrés.

Por el punto central de la plataforma **ik** de este bastidor horizontal, pasa un montante vertical **c** (figura 5) cuyo extremo superior sobrepasa un poco el nivel de dicha plataforma. La parte inferior de este montante **c** termina en un pivote que se apoya sobre el extremo superior **d** de un pilar de madera o de fábrica, colocado provisionalmente, coincidiendo con el eje vertical de la cúpula.

El otro extremo del bastidor está constituido por la pieza **n** en cuyos extremos tiene unas ruedas que, apoyadas sobre la cornisa, permiten que este extremo del bastidor se deslice sobre ella con facilidad cuando el bastidor gire alrededor del montante vertical **c**. La parte exterior de esta pieza **n** tiene una curvatura que se adapta a la que tiene la base de la cúpula para que, así, este extremo del bastidor tenga buen apoyo y gire sin tropezar contra las paredes de la cúpula.

En el mismo plano vertical que, en sentido

transversal, pasa por el montante **c**, se han dispuesto unidos al bastidor otros dos montantes **p**, verticales y paralelos entre sí, cuyo extremo superior llega a la parte más alta de la cúpula. Por debajo del bastidor se han dispuesto horizontalmente dos ataduras o cepos **h** y **f** constituidos cada uno de ellos por dos piezas iguales de madera entre las cuales quedan sujetos entre sí y al bastidor el pie derecho central **c** y los dos laterales **p**.

Una pieza horizontal une la parte superior de los dos pies derechos **p** y una cruz de San Andrés rigidiza el conjunto.

Para evitar la inclinación lateral de este andamio giratorio, las piezas del cepo **h** se prolongan siguiendo el diámetro de la cúpula **y**, en cada uno de sus extremos, también tenían una rueda para facilitar su desplazamiento sobre la cornisa de apoyo. Este detalle no aparece representado en el dibujo.

Se han colocado dos arcos **zx**, iguales y paralelos, cuyos extremos están ensamblados en las viguetas horizontales **a** y en la parte superior de los pies derechos **p**. La parte superior de este conjunto de arcos y puntales ensamblados queda unida y rigidizada por la plataforma fija de trabajo que sirve para acceder a la parte más alta de la cúpula.

Este andamio disponía también de una plataforma móvil, cuya planta se representa en la figura 9, sobre la que se colocaban los obreros para trabajar, que estaba formada por un tablado horizontal **ik** apoyado en sus extremos sobre dos elementos triangulares **oik** paralelos y colocados verticalmente. Esta plataforma tenía en los vértices **k** unas ruedas que se apoyaban en los arcos **zx** y que se movían encajadas en la acanaladura practicada en su extradós. En cada vértice **o** tenía un pivote horizontal encajado en el extremo de cada una de las barras **v** de forma que permitía su giro. El otro extremo de estas barras **v** estaba unido mediante una articulación a los extremos de una de las piezas horizontales del cepo **f**. De esta manera, y debido a la curvatura de los arcos **zx**, se podía subir o bajar la plataforma móvil permaneciendo siempre horizontal la superficie de trabajo. Para variar la inclinación de las barras **v** se utilizaba un sistema de cuerdas, poleas y un cabrestante.

Cuando la plataforma móvil estaba en la posición de trabajo deseada, las dos barras **v** con la misma inclinación se bloqueaban utilizando unos pasadores de hierro colocados en los taladros practicados en los cantos de los arcos **zx**.

Una vez fijada la plataforma móvil se podía hacer girar todo el conjunto del andamio y, así, recorrer toda la superficie del intradós de la cúpula.

**TRAITÉ**  
DE L'ART  
**DE LA CHARPENTERIE**

PAR A. R. ÉMY, COLONEL DU GÉNIE EN RETRAITE,

OFFICIER DE L'ORDRE ROYAL DE LA LÉGION-D'HONNEUR, PROFESSEUR DE FORTIFICATION A  
L'ÉCOLE ROYALE MILITAIRE DE SAINT-CYR, MEMBRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DES BELLES-LETTRES,  
SCIENCES ET ARTS DE LA ROCHELLE, DE LA SOCIÉTÉ ROYALE D'AGRICULTURE ET DES ARTS DU  
DÉPARTEMENT DE SEINE-ET-OISE, DE L'INSTITUT HISTORIQUE, ETC.

DEUXIÈME ÉDITION, revue avec soin,

SUIVIE

D'ÉLÉMENTS DE CHARPENTERIE MÉTALLIQUE,

ET PRÉCÉDÉE D'UNE

NOTICE SUR L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1867 (SECTION DES BOIS),

PAR

L. A. BARRE,

Ingénieur civil, ancien élève de l'École impériale et centrale des arts et manufactures,  
Professeur à l'Association polytechnique.

TOME PREMIER.

PARIS,

DUNOD, ÉDITEUR,

SUCCESSEUR DE VICTOR DALMONT,

Précédemment Carillan-Gœury et Victor Dalmont,

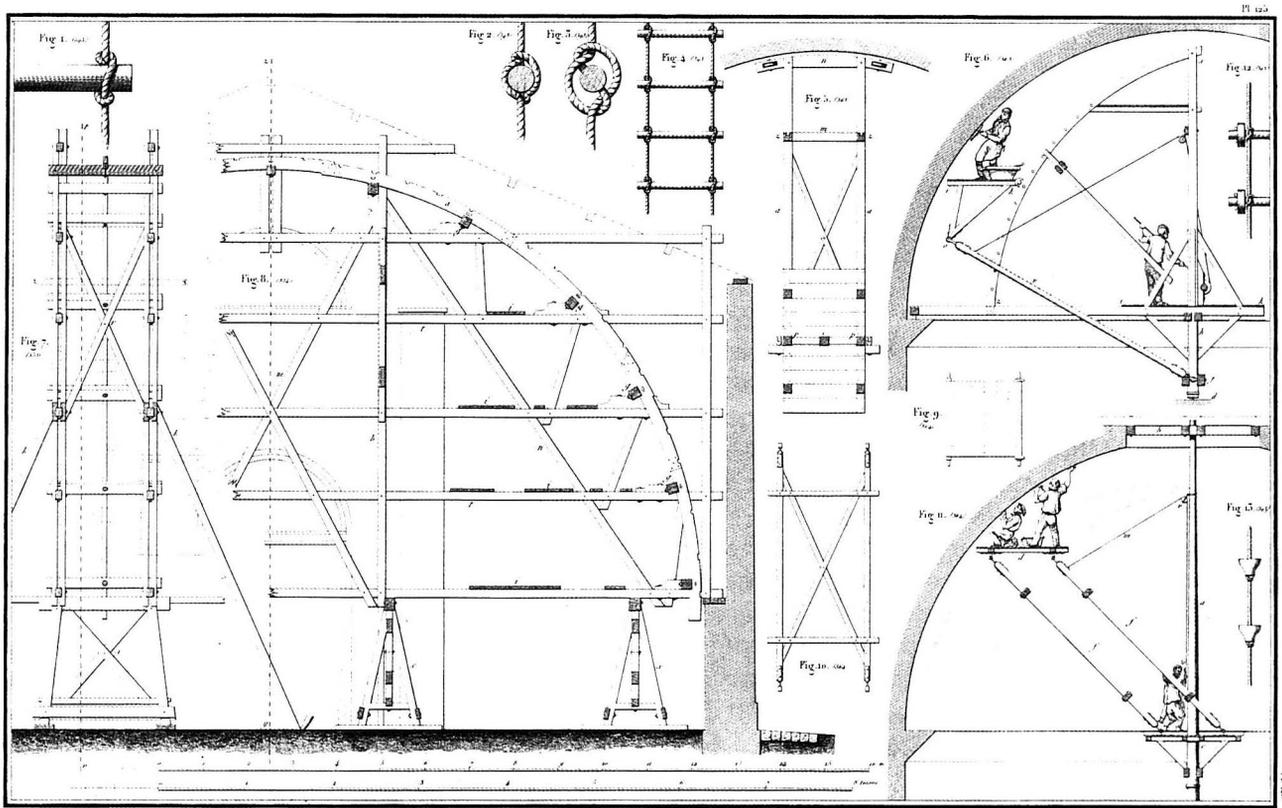
Libraire des corps impériaux des Ponts et Chaussées et des Mines,

QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 49.

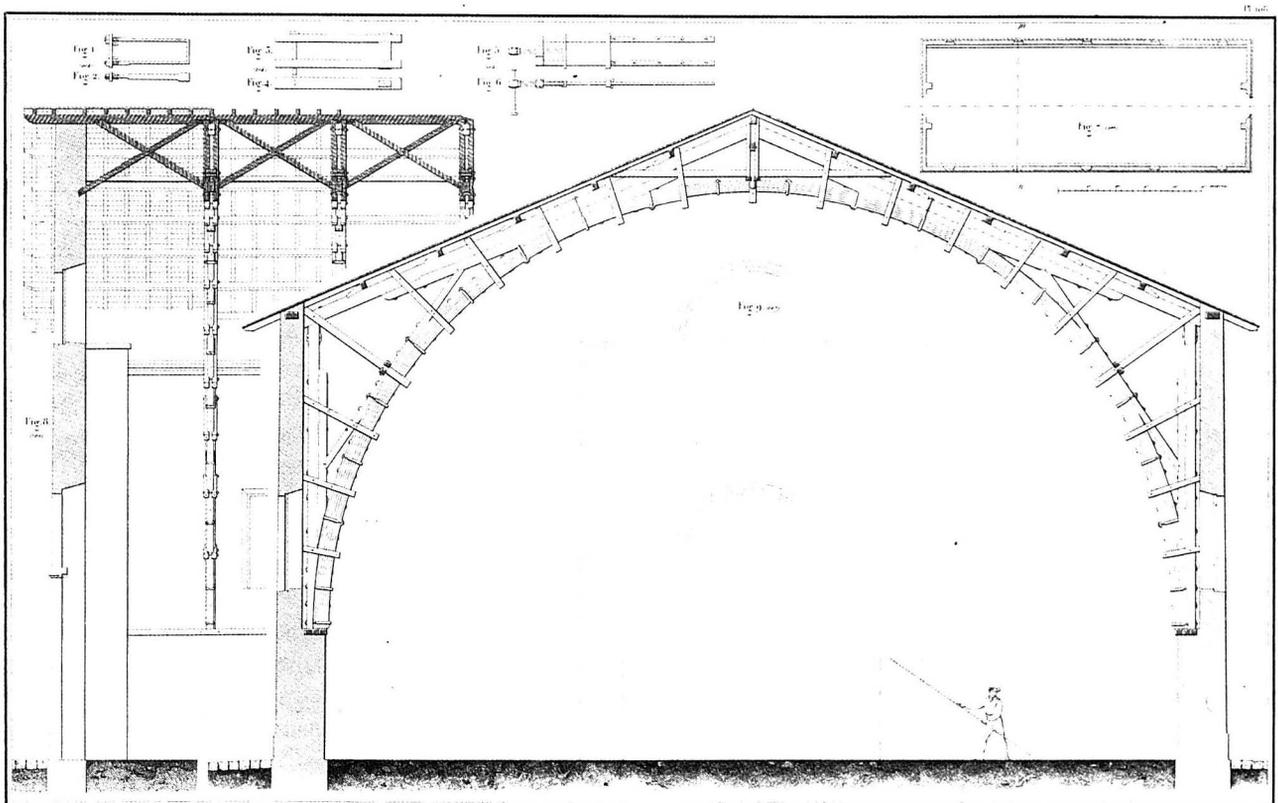
1869

Droits de traduction et de reproduction réservés.

*Datos de la publicación de la que procede la lámina  
coleccionable*



Reproducción reducida de la lámina coleccionable, en formato de doble hoja, que se incorpora sin encuadernar a este número de la revista



Reproducción reducida de la lámina que representa las armaduras de madera utilizadas en la cubierta, sin apoyos intermedios, del hangar de Marac

Para las uniones entre piezas se utilizan diversas clase de ensambladuras (a caja y espiga, a media madera, etc.) y pernos.

## 1.2. Andamios giratorios con plataforma de trabajo sobre barras articuladas (figuras 10 y 11).

Este andamio tiene un mástil **a** de una sola pieza o de varias piezas ensambladas entre sí, colocado verticalmente coincidiendo con el eje de la cúpula. Su extremo inferior puede estar apoyado sobre el suelo o sobre un soporte provisional más o menos alto de madera o de fábrica. Para facilitar su giro, este extremo del mástil vertical termina en un pivote de hierro encajado en su apoyo. Este mástil se mantiene vertical permanentemente porque su extremo superior, de forma cilíndrica, está encajado en una abrazadera colocada coincidiendo con el eje de la cúpula. Esta abrazadera se mantiene centrada mediante unos codales horizontales **b** dispuestos radialmente a su alrededor y que se apoyan fuertemente contra las paredes interiores de la linterna. Estos codales radiales, a su vez, están fijados mediante pernos a otras piezas horizontales que, al estar apoyadas sobre la parte superior de la linterna, impiden que pueda descender el conjunto que forman la arandela central y los codales.

Un poco por debajo del nivel del arranque de la cúpula, está colocada una pequeña plataforma fija **c** unida al mástil vertical.

La plataforma móvil **d** sobre la que se colocaban los obreros, a su vez, está unida a la plataforma **c** mediante dos bastidores iguales **f**. En las uniones de los extremos de los bastidores **f** con las plataformas **d** y **e** se han colocado unas articulaciones que hacen que el conjunto forme un paralelepípedo articulado que permite que la plataforma de trabajo se desplace manteniéndose siempre horizontal.

En la figura 10 se representa uno de estos bastidores que son indeformables. Ello es debido a que las barras principales, que llevan en sus extremos las articulaciones, están unidas entre sí mediante una cruz de San Andrés y, a su vez, todo ello se refuerza y rigidiza nuevamente al quedar aprisionado, mediante ensables y pernos, entre las dos piezas de cada uno de los cepos que se han dispuesto próximos a sus extremos.

La altura de la plataforma de trabajo **d** depende de la inclinación de los bastidores **f**, la cual se varía tirando más o menos de una cuerda unida a uno de los bastidores que, pasando por la polea **v**, se fijaba al mástil. Posteriormente se podía hacer girar el conjunto del andamio y, así, recorrer toda la superficie del intradós de la cúpula.

Cuando la cúpula tenía linterna, el andamio de la figura 6 se podía mantener vertical por un sistema similar al empleado en la figura 11, en vez de

prolongar las piezas del cepo **h** y colocar ruedas en sus extremos para desplazarse sobre la cornisa.

## 2. Andamio móvil para el montaje de las armaduras de madera del hangar del Arma de Ingenieros en Marac

### 2.1. Consideraciones generales

La figura 7 representa una sección vertical por la parte central del andamio, la figura 8 corresponde a la sección transversal según el plano que pasa por la línea **tv** de la figura 7.

Este andamiaje se realizó para hacer el montaje de dieciocho armaduras de madera de 20 metros de luz y 12 metros de alto, utilizadas en 1825 por el coronel A.R. Émy para cubrir sin apoyos intermedios un hangar del Arma de Ingenieros en Marac, cerca de Bayona.

Con el fin de comprender mejor las características de este andamiaje, en la página 93 se ha colocado también una reproducción reducida de la lámina que representa la armadura para cuyo montaje fue necesario hacer este andamiaje. En el próximo número de la revista se comentará con detalle esta armadura del hangar de Marac. Cada una de estas armaduras estaba formada fundamentalmente por:

- un arco de medio punto de 10 metros de radio colocado en su parte interior,
- dos pies derechos en sus laterales coincidiendo con los arranques del arco, dos pares inclinados que determinan la pendiente de la cubierta y que se apoyaban en un pie derecho y en el arco,
- dos jabalcones tangentes al arco dispuestos entre cada par y pie derecho,
- un cepo horizontal tangente al arco en su parte superior que trabaja como tirante.

Todas estas piezas estaban unidas entre sí con ensambladuras de diferentes tipos y mediante 22 bridas de hierro, 19 cepos radiales de distintos tamaños y numerosos pernos.

La pieza fundamental de cada una de estas armaduras de la cubierta del hangar es este gran arco laminado que, según las zonas, está formado por 5, 6, 7 u 8 piezas de madera superpuestas y curvadas según la forma del arco; su conjunto recuerda a la forma de las ballestas de suspensión de algunos vehículos. De la correcta ejecución de este arco dependerá en gran parte la resistencia y buen comportamiento mecánico de este sistema de armadura de madera, de gran luz libre entre apoyos para aquella época.

Por razones de plazos de construcción no se pudo colocar estas armaduras totalmente ensambladas. Primero fue necesario construir cada una de ellas sobre el suelo, para lo cual, se preparó en él una superficie plana y se trazó sobre ella un dibujo a esca-

la real de la armadura completa. Sobre este dibujo se dispuso una plantilla, también a escala real, del perfil que debía tener el intradós del arco una vez terminado. Sobre esta plantilla se iban curvando y fijando las diferentes capas de madera hasta completar el espesor que este arco debía tener en sus diversas partes y, a continuación, se disponían el resto de las piezas hasta completar toda la armadura. Posteriormente, una vez numeradas todas las piezas, se desmontaban y mediante este andamiaje móvil se volvía a montar cada armadura en el lugar exacto del hangar donde debían quedar colocadas definitivamente.

## 2.2. Descripción general

La parte principal de este andamiaje está constituida por dos entramados verticales de piezas de madera que son paralelos e iguales entre sí.

Cada uno de estos entramados está constituido principalmente por seis pisos de barras horizontales **t** y por dos grandes pies derechos **b** que, al estar trabajando como cepos, aprisionan todas las barras **t** entre sus dos piezas. La indeformabilidad de cada uno de estos entramados verticales se consigue con una gran cruz de San Andrés **m** y con las largas barras inclinadas **n** que rigidizan la armadura en toda su altura. Combinadas con la barra **n** se han dispuesto también entre cada par de barras horizontales otra serie de barras inclinadas más cortas que contribuyen a dar mayor rigidez al conjunto de la armadura.

Estos dos entramados planos verticales, separados dos metros entre sí, estaban unidos por trece viguetas transversales **g** y por dos cruces de San Andrés **r** colocadas entre los grandes montantes **b** (figura 7).

Coincidiendo con el plano vertical que pasa por la parte central de las viguetas transversales **g**, se colocaban de canto unas piezas de madera empalmadas entre sí, cuyo perfil exterior constituía una plantilla del intradós del arco de la armadura que era exactamente igual a la que se había utilizado antes para construir dicho arco sobre el suelo.

En cada piso, sobre las barras **t**, se colocaban unas piezas cortas que tenían unas entalladuras en las que descansaban los extremos de las viguetas **g**. Estas entalladuras están más o menos inclinadas para que, de acuerdo con la curvatura interior de la plantilla, las piezas que la componían tuvieran un buen asiento sobre cada viga **g**.

Sobre las barras horizontales **t** de esta parte superior del andamiaje también se colocaban unas plataformas de trabajo **i** para que los carpinteros se pudiesen colocar en todos los niveles de la armadura que se estaba montando y, así, pudiesen efectuar con comodidad y seguridad todas las operaciones que fuesen necesarias para ello.

## 2.3. Proceso de montaje

Este cuerpo superior del andamiaje se colocaba transversalmente al hangar de forma que su cara inferior estuviese a la altura de los durmientes que, colocados sobre la repisa de los muros laterales, deberían recibir posteriormente los arranques de los arcos de las armaduras de la cubierta del hangar. Toda esta parte superior del andamiaje se apoyaba sobre cuatro caballetes muy resistentes que coincidían con los dos pies derechos intermedios y con los extremos.

Para impedir el vuelco y balanceo laterales del conjunto del andamiaje, se colocaban cuatro fuertes puntales inclinados **k** coincidiendo con la prolongación de los brazos inferiores de las cruces de San Andrés **r**, además se utilizaban también varios cables muy tensados que no aparecen en el dibujo.

Todas las piezas de este andamiaje están unidas entre sí mediante ensambladuras sencillas (a media madera) y pernos roscados con el fin de que todas las piezas se puedan armar y desarmar con facilidad. De esta manera todo el conjunto se puede montar y desmontar muy rápidamente. Sucesivamente se va colocando dicho andamiaje de manera que el plano vertical que pasa por la plantilla del arco corresponda exactamente con la posición de cada armadura a montar para cubrir el hangar.

Una vez montado y arriostrado fuertemente el conjunto de todo este andamiaje en cada posición deseada, se procede a montar nuevamente sobre él todas las piezas de cada armadura de la misma forma que se hizo antes sobre el suelo.

En el trasdós de la plantilla del arco situada en el andamiaje existen diversas entalladuras que se han dispuesto para permitir utilizar sin mucha dificultad los sargentos, bridas y pernos que es necesario utilizar para el curvado y fijación de las piezas que forman el arco.

## 3. Escalas de obra

En las figuras 1,2,3,4,12 y 13 se recogen diversas clases de escalas y de nudos que se utilizaban para fabricarlas. Estas escalas se usaban en las obras de construcción de aquella época.

## 4. Comentario final

En los números 7,8 y 9 de esta revista se ha venido publicando una pequeña muestra de diversos sistemas de andamiajes muy singulares utilizados en épocas pasadas.

Todos ellos son unos diseños ingeniosos, más o menos teóricos en algunos aspectos, que, además de ser un deleite para los sentidos de los amantes

de la Construcción, pueden ser útiles para inspirar nuevas ideas sobre otras construcciones similares utilizando los grandes medios que la tecnología pone en nuestras manos.

Actualmente se realizan en todo el mundo gran número de trabajos para la restauración y conservación de muchos edificios antiguos con valores históricos y artísticos. Estos trabajos, en muchas ocasiones, requieren utilizar sistemas de andamiajes muy singulares que es necesario proyectar en cada caso. Debido a ello puede ser útil tener algún conocimiento de qué es lo que hacían nuestros antepasados para resolver estos problemas. Hace unos tres años, al visitar la Capilla Sixtina, se podía ver como, para la limpieza y restauración de las pinturas de su bóveda, se había colocado un gran andamiaje móvil apoyado sobre las cornisas que recorren su interior. Este andamiaje, que era relativa-

mente estrecho en comparación con su longitud, se iba desplazando progresivamente para, así, poder acceder a toda la bóveda. Con esta solución, del andamiaje, a pesar de la larga duración de este tipo de trabajos, el público pudo seguir visitando la Capilla Sixtina mientras estos se estuvieron realizando.

Hoy, en muchos edificios, se proyectan frecuentemente grandes espacios cubiertos con lucernarios de diversas formas y características. Pero, para que tengan un funcionamiento y conservación adecuados, es necesario dotarlos de elementos integrados en ellos, parecidos a andamiajes móviles, que permitan su conservación y su limpieza interior y exterior.

Miguel Angel Gutiérrez Fernández.