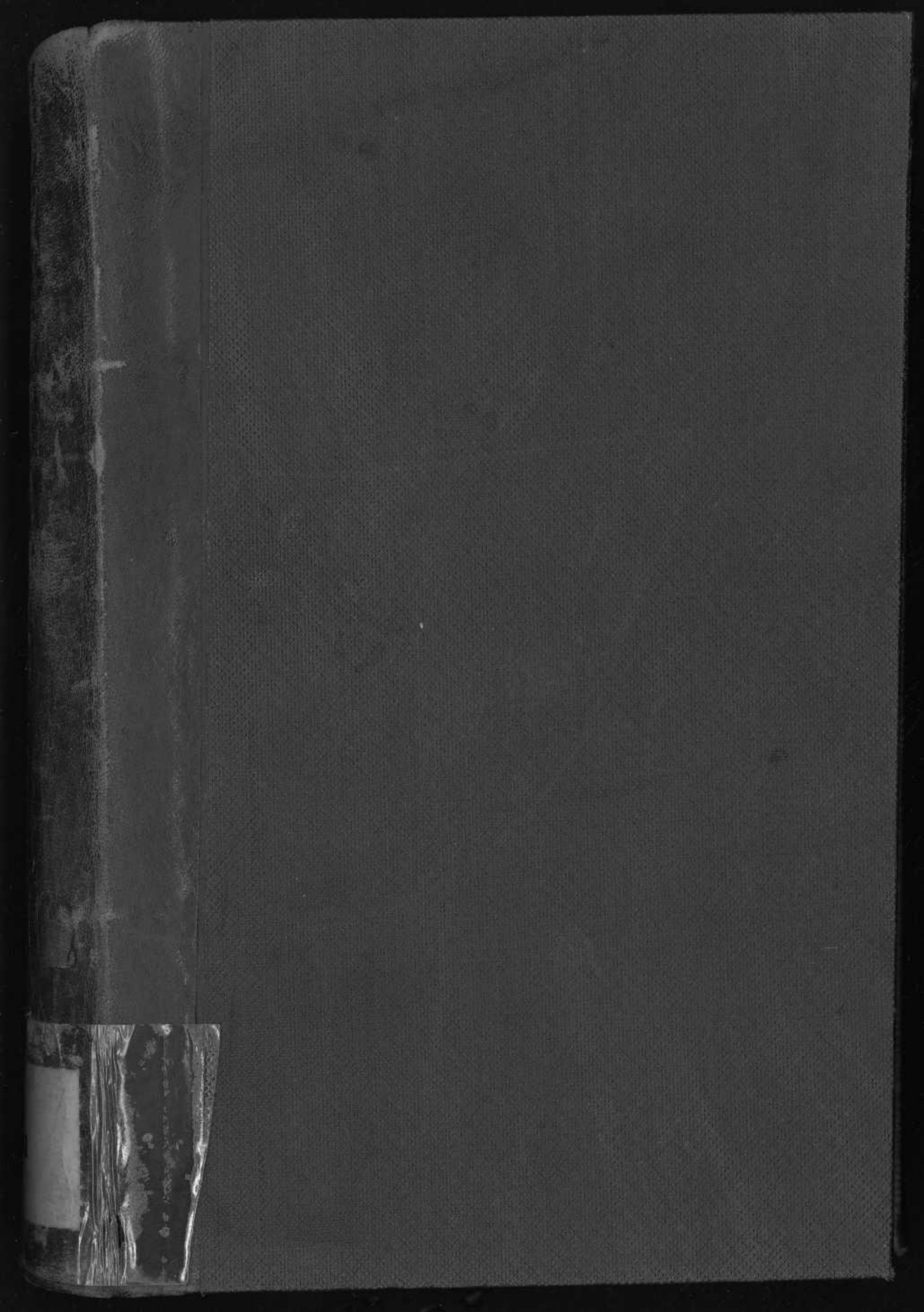


C
1051

(33) Soria

TRATADO PRÁCTICO DE CARPINTERÍA

6
355
12-278

TRATADO PRÁCTICO

DE

CARPINTERÍA

POR

E. BARBEROT

ARQUITECTO

VERSIÓN

DE

CARLOS MURCIANO

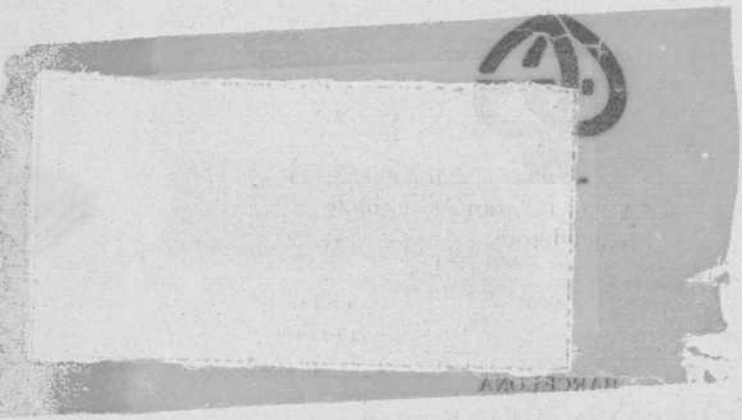
INGENIERO



BARCELONA
GUSTAVO GILI, EDITOR
Calle de Enrique Granados, 45
MCMXXVI

1065466

ES PROPIEDAD



Copyright 1926, by Gustavo Gili

GUINART Y PUJOLAR, impresores.—Bruch, 63, Barcelona

INTRODUCCIÓN

El arte de la carpintería parece ser casi tan antiguo como el mundo, pues seguramente la madera fué el primer material empleado por el hombre para construirse un refugio.

Probablemente, la choza en forma de cono constituyó la primera habitación. Bastaba para construirla clavar en tierra troncos de árboles sobre una planta circular, reunirlos por su parte superior y guarnecer los intersticios con ramas menudas, hierbas secas y tierra, reservando una entrada.

Esto se ve aún en los pueblos salvajes, que construyen cabañas apoyando piezas de madera unas con otras y uniéndolas por arriba con una pieza longitudinal. Todo ello trabado con lianas y cubierto después con tierra húmeda.

Los progresos fueron probablemente muy lentos y debieron transcurrir muchos siglos antes de llegar a los ensamblajes de carpintería. Desde luego, no podía ser de otra manera, puesto que ciertos trabajos de corte no son posibles más que con un herramental resultante de una civilización llegada ya a cierto grado de desarrollo.

Es evidente que en los primeros tiempos fué empleada la madera sin otro trabajo que el corte en longitud, y más adelante desbastada con el hacha, que debe ser una de las herramientas más antiguas, y empleada en vigas, dinteles, pies derechos, etc., pero siempre sin ensamblajes de ninguna especie.

Las inmensas selvas multiseculares suministraban la madera con profusión y permitían el empleo de grandes escuadrías para formar suelos o cubiertas de ligera pendiente, sin necesidad de recurrir al estudio de los ensamblajes que necesitan las maderas de menores dimensiones cuando se trata de franquear luces de cierta importancia.

Es probable que los bosques han debido ser saqueados sin previsión para el mañana y, naturalmente, sin pensar en la repoblación. Esta práctica, en los países en que la población era más considerable, debe haber producido un agotamiento rápido y, si se tienen en cuenta las guerras y el enorme consumo de madera que exigían las diversas necesidades, tales como la construcción de abrigos, de campamen-

tos, de recintos de circunvalación y, en fin, de habitaciones de todo género, se comprende que una región bien poblada, sacando sus materiales casi exclusivamente de los bosques, debía llegar en poco tiempo a agotarlos sensiblemente y a obligar a los pobladores a utilizar las escuadrías más pequeñas, despreciadas hasta entonces.

A estas causas, que han obligado al estudio de los ensamblajes, conviene añadir la cuestión de clima. Los pueblos llegados a cierto grado de bienestar constituían una presa tentadora para los otros, próximos aún al estado salvaje, y las emigraciones que se produjeron no tenían otra causa que el agotamiento de las riquezas naturales de una comarca por una población que no se preocupaba de asegurar la renovación de los recursos. Era sencillo, en efecto, cuando un país no bastaba a la vida de sus habitantes, que éstos fuesen a otra parte a buscar lo necesario para vivir, y hasta, si era posible, lo superfluo. Todo esto lo encontraban a veces apropiándose los bienes de poblaciones sedentarias, que gozaban ya de cierto grado de civilización, y obligándolas a huir ante ellos para buscar otro refugio.

Los pueblos expulsados y convertidos en nómadas se establecieron a veces bajo climas más rudos, en que la vida difícil y a veces precaria tentaba muy poco a las hordas salvajes, que se apresuraban a huir antes que someterse al trabajo.

El cambio de clima conducía fatalmente a modificar el género de vida, y, por ejemplo, en un país lluvioso, las habitaciones debían ser construídas de otra manera; era preciso rechazar las aguas pluviales fuera de la vivienda, y se llegaba así a la necesidad de crear la cubierta fuertemente inclinada, y aun a hacerla de dos vertientes, lo que hizo necesaria la cercha.

La idea de ésta existe en germen en la cabaña primitiva: dos piezas inclinadas apoyándose en el vértice una contra otra. Es el embrión, los *pares*. Y pronto se debió comprender que bastaba impedir la separación de los muros para poder emplear este sistema en la techumbre de los edificios, y de aquí el hallazgo del *tirante,* porque se encontraba contrarrestado el empuje por medio de una pieza de madera en cuyos extremos se tallaban apoyos para el pie de los pares.

Algunos accidentes han demostrado probablemente que es preciso contar con otros esfuerzos, aparte la presión vertical y el empuje de los pares sobre los muros; que el viento es una fuerza, y que es necesario tomar medidas para oponerse al vuelco del conjunto. Esta necesidad dió nacimiento a los diversos arriostrados, a la triangulación del sistema, con el fin de impedir toda deformación.

A medida que la combinación se desarrollaba, se imaginaban ensamblajes capaces de hacer las piezas solidarias, de unirlas entre sí, y la *caja* y *espiga,* la *media madera,* aseguradas con clavijas, vinieron a dar al conjunto la rigidez indispensable.

Pero las maderas no tenían siempre el grueso y la longitud nece-

sarios, y se vió entonces la necesidad de doblar las piezas sometidas a flexión, de empalmar los *montantes* demasiado cortos, de ensamblar y aliviar los pares que se encontraban en las mismas condiciones.

De todas estas necesidades nacieron los ensamblajes tan ingeniosos, tan variados y tan sólidos de la carpintería de armar y que responden a todos los casos y a todas las exigencias.

La madera es uno de los materiales menos duraderos. Esto nos explica la ausencia de ejemplos en las construcciones antiguas, y es seguro que si los egipcios hubiesen empleado la madera para edificar las Pirámides, nunca hubiéramos oído hablar de ellas.

No obstante, parece que los griegos, a pesar de su amor a la piedra y al mármol, fueron buenos carpinteros, porque, aparte del plano inclinado, debieron recurrir a los andamiajes y a los aparatos elevadores construídos de madera.

Viollet-le-Duc dice de ellos: «conocían ya la combinación de carpintería que designamos con el nombre de cercha o cuchillo».

Si consideramos los monumentos y, sobre todo, las bóvedas esféricas de los romanos, parece que éstos fueron también muy expertos en la construcción de andamiajes que, en la hipótesis del empleo de la madera, debían exigir conocimientos muy extensos en materia de carpintería. Pero en todo caso, como sabios constructores, no debieron los romanos emplear los *encofrados* más que para sus cúpulas de nervaduras y relleno, porque para las bóvedas esféricas con aparejo de piedra tenían probablemente conocimiento de la construcción por coronas sucesivas compuestas de dovelas de forma trapezoidal curvilínea en dos de sus caras, las cuales, en la parte próxima al nacimiento y hasta tanto no rebase el centro de gravedad de cada hilada, pueden colocarse sin ningún apoyo y, pasado este punto, pueden mantenerse hasta completar la corona mediante grapas colocadas en el extradós y que enlacen cada dovela con la corona inferior. Este sistema no exige ninguna clase de encofrado.

Sea como sea, los romanos empleaban la madera con profusión, y a falta de ejemplos de estructuras de carpintería subsistentes, los bajorrelieves de diversos monumentos suministran indicaciones que no permiten dudar de sus conocimientos en el arte del empleo de la madera y de sus aplicaciones. Por otra parte, este pueblo conquistador debió comprender bien las ventajas de este material, entonces abundante, que les permitía realizar rápidamente gigantescos trabajos, como puentes, calzadas, diques, presas, etc.

En las Galias, después de conquistadas por los francos, se conservaron las tradiciones romanas en lo referente a construcción, porque los invasores no llevaban consigo más que la fuerza bruta y se vieron obligados a tomar del genio romano sus procedimientos y sus artes, o

más bien, a dejar al pueblo vencido que continuase construyendo con arreglo a sus tradiciones.

Entre los diferentes oficios relacionados con el arte de la edificación, la carpintería fué uno de los que se conservaron más intactos, por ser aún las Galias ricas en selvas inmensas que cubrían una parte de su territorio y la madera un material que permite obtener rápidos resultados. Así se vió elevarse muy pronto construcciones públicas o privadas y hasta ciudades enteras formadas de madera casi por completo.

Ya no queda nada de todo esto, «pero—dice Viollet-le-Duc—los incendios frecuentes que destruyeron no solamente un edificio, sino ciudades enteras durante los períodos merovingio y carlovingio, indican claramente que la carpintería fué muy practicada hasta el siglo XI».

Hasta entonces, los tejados habían conservado una inclinación pequeña, por la influencia de la tradición griega y latina, pero hacia el siglo XII las pendientes se hicieron más rápidas. Esta disposición, dictada por las necesidades del clima, llevó al abandono de las maderas de gran escuadría.

Pero este abandono de las grandes maderas tenía aún otra causa: mientras que los antiguos parecían tener preferencia por las especies resinosas, como el pino, abeto y cedro, que por ser relativamente blandas necesitaban para su empleo una gran escuadría, nuestros carpinteros emplearon con preferencia la encina, madera más dura, que proporcionaba mayor solidez, sobre todo a las ensambladuras. Y si se tiene en cuenta que con ciertos sistemas de cerchas y con grandes inclinaciones se llegaba a suprimir casi por completo el trabajo de flexión para no imponer a la madera más que esfuerzos de compresión o de tracción, se comprenderá que se hiciera posible disminuir la sección de las piezas componentes de una cercha o formero, al emplear sistemas triangulados, en los que resulta evitada la flexión.

Durante los períodos románico y ojival se construyeron hermosas obras de carpintería. En Inglaterra se han encontrado algunas que datan del siglo XIV, aún con bella apariencia y que constituyen una buena decoración.

Se han construído fachadas enteras de madera realzada con esculturas y tallas. Son todavía bastante numerosas estas muestras en Francia, donde constituyen la admiración de los artistas por el atrevimiento de su construcción y las felices combinaciones que supieron hallar sus autores.

La institución de los gremios tenía sus ventajas. Permitía al obrero aprender su oficio, le obligaba al estudio y le exigía hacer sus pruebas antes de reconocerle maestro. Debía hacer una obra maestra, y la emulación que resultaba de ello era muy favorable al desarrollo de la profesión y a la instrucción especial del artesano, que

aprendía, al mismo tiempo que la carpintería propiamente dicha, la ciencia del dibujo, que le permitía el trazado geométrico de los cortes y ensambladuras, con las proyecciones de cada pieza y los esquemas necesarios para el despiezo de la madera.

Pero, al dejar de existir los gremios, el aprendizaje, tan indispensable, tiende a desaparecer, y con el tiempo conoceremos el resultado de estas modificaciones.

Hoy tenemos en carpintería, con el hierro, un elemento nuevo. Es indiscutible que las facilidades que ofrece para enlazar las diferentes piezas y su gran resistencia a la tracción, con volumen reducido, hacen de él un precioso colaborador de la madera, porque su empleo es excelente para todas las piezas tendidas y proporciona un aspecto de ligereza que nunca darían los *cepos,* formando tirante, por ejemplo.

Otra ventaja del empleo del hierro es que permite construir toda clase de cerchas trianguladas, que, aunque podrían proyectarse en madera exclusivamente, no ofrecerían, desde el punto de vista de los enlaces, la seguridad que debe exigirse a esas obras.

Este libro está establecido sobre el mismo plan que nuestro *Tratado práctico de Edificación:* dar el máximo de informaciones útiles que nos sea posible, clasificarlas y presentarlas de manera que sea fácil la lectura de las materias que contiene y poco laboriosa la investigación de los documentos que se desee consultar.

¿Quiere esto decir que bastará abrir el libro para encontrarse hecho el estudio de cualquier asunto? Evidentemente que no, y no pretendemos hacer una obra que evite todo trabajo al que la consulte. Esto sería demasiado hermoso, o más bien, pensamos que sería demasiado malo, porque un libro que suprimiera todo trabajo de inteligencia y de concepción sería seguramente un mal libro.

Sin iniciativa, no hay estudio, no queda que hacer sino copiar, y esto sería no sólo una invitación a la pereza, sino peor aún: sería la atrofia, la inmovilidad, el contentarse con lo adquirido, abandonando la conquista de lo mejor. Y todo es siempre perfectible.

No conviene esto; es buena la afición a la profesión que se ejerce y tener siempre por objeto perfeccionarla y hacer mejor el trabajo.

Aunque se haya convenido en reservar el nombre de artistas para las personas que ejercen ciertas profesiones consagradas como artísticas, pensamos que el arte existe dondequiera que hay trabajo humano, y que un obrero es un artista cuando lleva al ejercicio de su profesión, además de sus conocimientos de la técnica y de su habilidad manual, un gusto personal y propio que le incita a conseguir lo mejor, lo más bello, a crear nuevas formas o agrupar armoniosamente las creadas ya por otros.

Repetimos, pues, que no debe esperarse encontrar aquí todo el

trabajo hecho. Menos aún hay que contar con encontrar todo lo existente en la materia, pues un libro, por voluminoso que fuera, no bastaría nunca para registrarlo todo.

Pero en éste se encontrarán ejemplos de los diferentes asuntos que forman la especialidad que nos ocupa, y estos ejemplos, por rudimentarios que sean, serán un punto de partida para la investigación de la forma o de la combinación necesarias.

Se encontrarán también en esta obra indicaciones sobre los conocimientos ya adquiridos, porque al decir que es preciso estudiar y crear por sí mismo, no queremos dar a entender que haya que dejar de lado lo que nuestros predecesores han encontrado antes que nosotros y nos han legado.

El resultado del trabajo humano, los conocimientos adquiridos, son a modo de un monumento, a cuya erección aporta cada uno su piedra, pudiendo con esta colaboración alcanzar cierta altura. Pero si cada uno recomenzase a querer crearlo todo por sí solo, no se elevaría mucho sobre el suelo. Hay, pues, que aprovechar el trabajo de los que nos han precedido, rehacerlo y perfeccionarlo tanto como nos permitan nuestra inteligencia y nuestra habilidad.

En la consulta de un libro con texto e ilustraciones no hay que conformarse con examinar los dibujos, porque casi siempre el texto los explica y aun los completa, y un dibujo que parece difícil resulta claro después de la lectura. Recíprocamente, el dibujo explica y hace comprender la descripción, resultando más fructífera la lectura.

Deliberadamente hemos evitado, en lo posible, tratar de la talla, es decir, de la ornamentación que no es propiamente carpintería. Nos hemos esforzado en no emplear sino las líneas que puede dar la madera puesta en obra, los ensamblajes que aseguran la solidez y las combinaciones racionales que permiten establecer un buen trabajo a un precio normal.

Para los trabajos en que entra la escultura, la colaboración del tallista es indispensable, porque él debe indicar al ebanista las masas necesarias para los relieves que haya previsto.

CAPÍTULO PRIMERO

Ensambladuras

Ensambladuras propiamente dichas

Generalidades. — De una manera general, se da el nombre de ensambladura a cada uno de los diferentes medios empleados para unir entre sí las piezas que componen una obra (1).

Los ensamblajes de las maderas son numerosos y difieren según la dirección de los esfuerzos que soportan y según la misma naturaleza de estos esfuerzos, que pueden ser compresión, tensión, flexión o rozamiento, y aun a veces varios esfuerzos simultáneos.

La forma de la ensambladura varía, pues, en los diferentes casos que pueden presentarse, y debe ser estudiada para asegurar en este punto una resistencia equivalente a la de las mismas piezas ensambladas.

En el caso de compresión, que es el que presenta menos dificultad, basta asegurar a la pieza que insiste un asiento suficiente para resistir al esfuerzo.

En el caso de tracción, el ensamblaje requiere más cuidado. Se debe tener en cuenta la poca resistencia relativa de la madera y su facilidad para ceder cuando sufre una gran fatiga sobre una superficie restringida, como en una espiga sujeta por medio de una clavija, por ejemplo.

En el caso de flexión, conviene dar a la caja o mortaja una profundidad suficiente para asegurar en lo posible la indeformabilidad del ángulo obtenido por medio de la ensambladura, trabajando entonces las dos piezas como piezas empotradas.

En el caso de frotamiento o deslizamiento, se debe siempre apoyar a tope la pieza susceptible de resbalar.

Por último, en todos los casos que puedan presentarse y cualesquiera que sean la forma de la ensambladura y la importancia del

---

(1) El nombre de *ensamblaje* se suele aplicar tanto a los empalmes como a las ensambladuras propiamente dichas.

esfuerzo impuesto, el trazado y los cortes deben hacerse siempre con el mayor cuidado y con una precisión absoluta.

Ensambladura por superposición de las piezas. — Aquí no existe ensambladura propiamente dicha, sino simplemente reposo de una pieza sobre la otra (fig. 1).

Este es, por ejemplo, el caso de una carrera reposando sobre un dintel: la carga que soporta esta carrera basta para fijarla en su

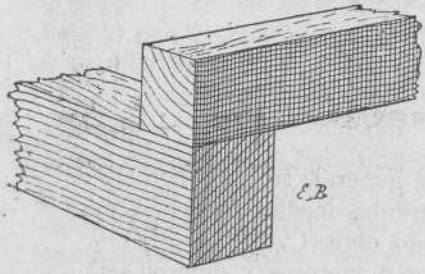
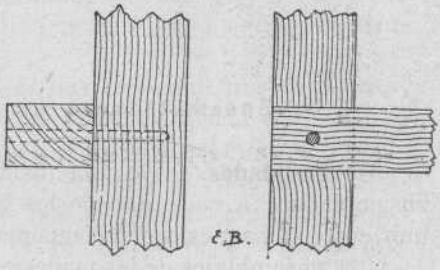


Fig. 1.
Ensamble por simple superposición.



Figs. 2 y 3.
Manera de asegurar dos piezas superpuestas.

sitio. No obstante, si es de temer un movimiento lateral o longitudinal, nada más sencillo que enclavijar, atornillar o empernar ambas piezas (figs. 2 y 3).

Cuando esta especie de reunión se emplea para piezas de pequeñas dimensiones, se puede adoptar el simple clavado o enclavijado,

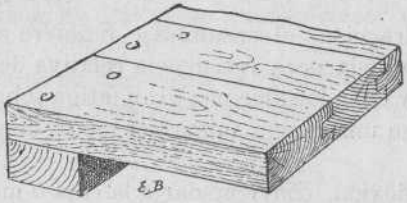
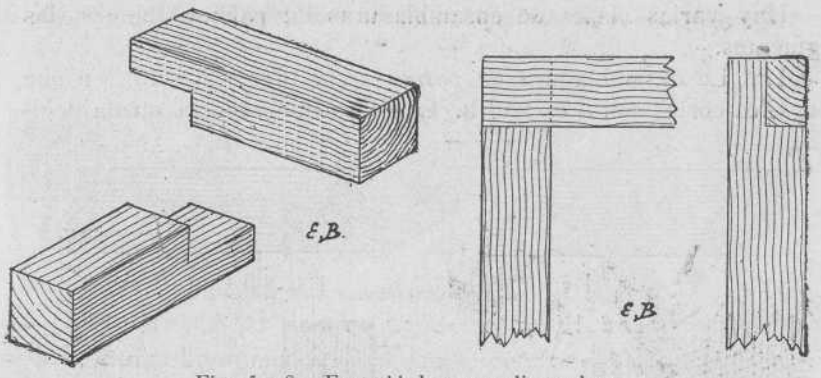


Fig. 4. — Fijación de las tablas de un entarimado.

caso de ser necesaria la fijación. Por ejemplo, las tablas de un entarimado, simplemente aplicadas y fijas por medio de clavos o tornillos (fig. 4).

Ensambladura a media madera. — Esta ensambladura se emplea cuando, por falta de altura disponible, no se pueden superponer las dos piezas y deben encontrarse comprendidas entre dos planos paralelos (figs. 5 a 8), con un espesor total igual al de una de ellas.

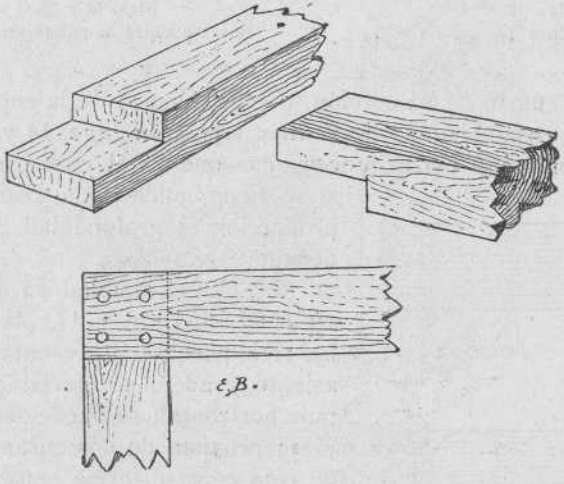
Esta ensambladura puede utilizarse para ejecutar cuadros en ángulo recto, y también para travesaños o piezas intermedias; pero



Figs. 5 a 8. — Ensambladura a media madera.

entonces una de las piezas, la que recibe el extremo de la otra, es la que se dice que está entallada.

Se efectúa cortando a medio grueso cada una de las piezas, como



Figs. 9 a 11. — Ensambladura a media madera.

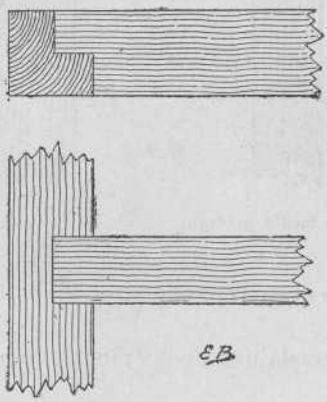
muestran en perspectiva las figuras 9 y 10, y se reúnen según la figura 11, fijándolas con clavijas de madera más dura, clavos o tornillos.

Ensambladura de palma, o entalladura. — Esta ensambladura consiste en una espiga de simple enrase que se arma sin movimiento

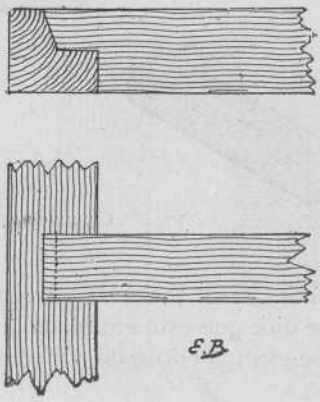
de traslación horizontal, sino por el descenso de una pieza dentro del alvéolo preparado en la otra para recibirla. La parte horizontal que forma el reposo de una pieza sobre la otra se llama *espaldonado*.

Hay varias clases de ensambladuras de palma, que son las siguientes:

1.ª La ensambladura *de palma recta* (figs. 12 y 13), en que todos los cortes son a escuadra. La pieza que soporta queda debi-



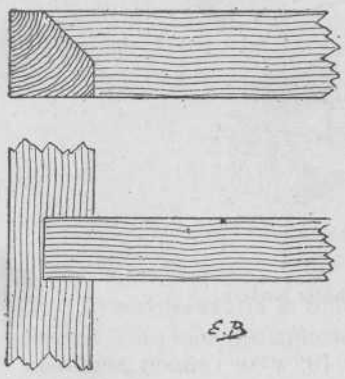
Figs. 12 y 13.
Ensambladura de palma recta.



Figs. 14 y 15.
Ensambladura de palma recrecida.

litada en un cuarto de su sección, a consecuencia de la entalladura.

2.ª La ensambladura *de palma recrecida* (figs. 14 y 15), que puede no debilitar la pieza inferior más que en el caso precedente, si se tiene cuidado de disminuir en proporción la profundidad del espaldonado.



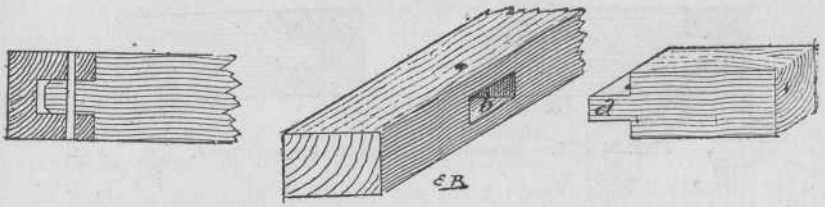
Figs. 16 y 17.
Ensambladura de palma en bisel.

3.ª La ensambladura *de palma en bisel* (figs. 16 y 17); la peor de las tres, porque no presenta un buen asiento y además determina un empuje horizontal; se puede decir que la pieza provista de dos ensambladuras de esta especie forma cuña y tiende a separar sus apoyos.

Ensambladura de caja y espiga. — Es una de las más empleadas en la carpintería (figs. 18 a 20) y consiste en una *espiga a,* que se deja en la extremidad de una de las piezas, destinada a penetrar en un orificio *b,* llamado *caja* o *mortaja,* que afecta en hueco la forma

de la espiga, y practicado en otra pieza de madera, destinada a ensamblarse con la anterior.

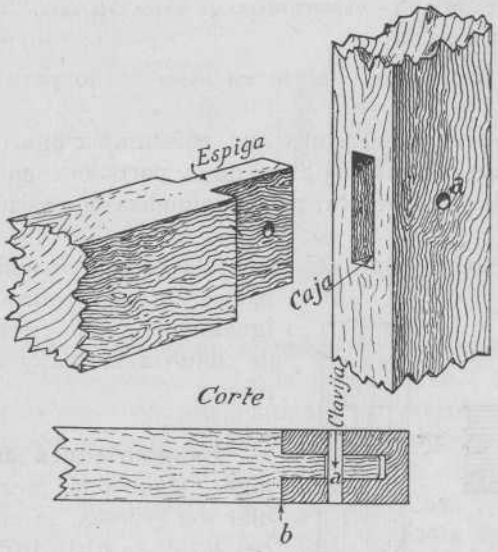
Para fijar esta ensambladura, se abre en las dos piezas un orificio *a* (figs. 21 a 23), destinado a alojar una clavija, cuidando de abrir



Figs. 18 a 20. — Ensambladura de caja y espiga.

el de la espiga ligeramente hacia atrás, de manera que al presentar ambas piezas ensambladas, como se indica en el corte (fig. 23), la clavija obligue a la espiga hacia el fondo de la mortaja hasta que las dos piezas se encuentren en contacto perfecto en *b*.

Además del ensamblaje explicado, existen diferentes trazados de cajas y espigas, pero podemos casi seguramente afirmar que aquél es



Figs. 21 a 23. — Modo de asegurar una ensambladura de caja y espiga.

el mejor, a causa de su sencillez y del mínimo de disminución de fuerza que impone a la pieza en que va la caja. En efecto, las otras clases de espigas *reforzadas* son incomparablemente más sólidas, como espigas, pero ocupan más espacio y, al ser mayor la mortaja

que las recibe, resulta a igualdad de sección más debilitada la pieza en que está abierta esta mortaja.

Un simple examen demuestra esta afirmación: así, en la figura 24 se ve que falta una porción de madera en las fibras comprimidas de



Figs. 24 y 25. — Ensambladuras de espiga reforzada.

la pieza portadora; la espiga es más robusta que en el caso de la figura 18, pero para ser racional convendría aumentar la sección para compensar lo que hace perder la mortaja.

La ensambladura representada en la figura 25 no difiere de

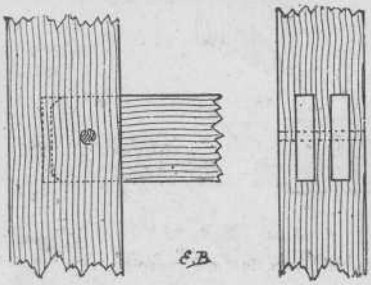


Figs. 26 y 27. — Ensambladuras de espiga reforzada.

la precedente más que por el corte en bisel hecho para reforzar la espiga.

El trazado de ensambladura que presenta la figura 26 ofrece la ventaja de dejar materia a la pieza portadora en los puntos más lejanos de la fibra neutra, pero profundiza demasiado en dicha pieza.

Por último, en la figura 27 damos la espiga sostenida por dos partes en bisel, solución que deja igualmente una cierta cantidad de materia arriba y abajo de la pieza.



Figs. 28 y 29.
Ensambladura de doble espiga.

Ensambladura de doble espiga. — Cuando las piezas a ensamblar son gruesas, se emplea a veces la ensambladura de doble espiga, cuyo trazado se hace dividiendo el ancho de la pieza en cinco partes aproximadamente iguales y abriendo dos mortajas correspondiéndose con las espigas (figs. 28 y 29). Este trabajo es bastante entretenido y exige una gran precisión de corte.

Cuando la pieza que lleva espiga, simple o doble, está cargada con un peso relativamente grande, se alivia la espiga por un empotramiento de toda la reacción (fig. 30), o por una parte cortada en bisel (figs. 31 y 32).

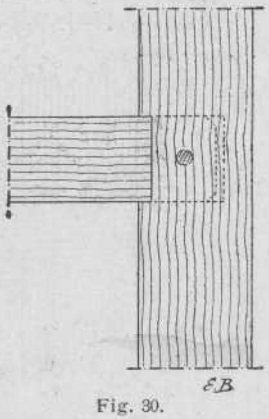
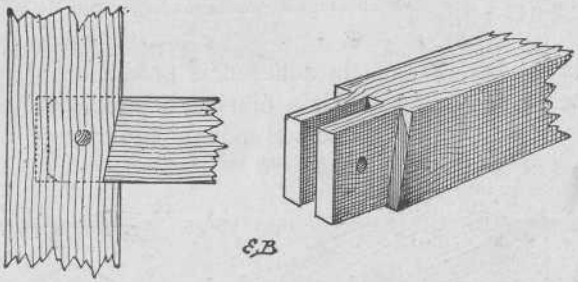


Fig. 30.
Espiga y empotramiento.

Esta ensambladura de descanso se emplea sobre todo para unir un travesaño sobre montantes.

En todas estas ensambladuras, la espiga puede a veces atravesar por completo la pieza, es decir, que la caja pasa de parte a parte la madera. En los otros casos de mortaja ciega, ésta debe ser más profunda que lo necesario para alojar la espiga. Además, el agujero practicado para el paso de la clavija, en la espiga y a través de la mortaja, debe encontrarse, como hemos dicho, ligeramente fuera del eje con objeto de apretar fuertemente la pieza de espiga sobre la de caja.



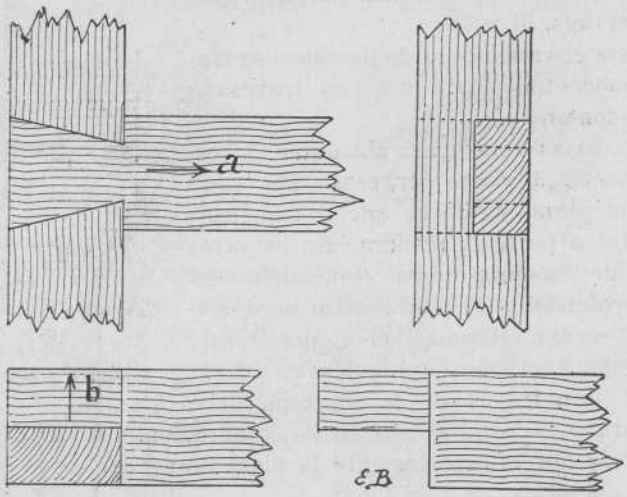
Figs. 31 y 32. — Espiga y barbilla.

Ensambladura de cola de milano. — Esta ensambladura toma su nombre de su semejanza con la cola de dicha ave.

Se emplea más frecuentemente en ebanistería que en carpintería de armar, pero también en ésta puede prestar grandes servicios, sobre todo cuando las piezas están sometidas a un esfuerzo de tracción que tiende a arrancarlas de su ensambladura.

La más sencilla es la ensambladura a media madera y cola de milano (figs. 33 a 36). No difiere de la ensambladura a media madera y simple entalladura más que por la forma de la espiga, que afecta figura trapecial y está dispuesta de forma que la base más ancha se encuentra hacia el exterior, para que en caso de tracción en el sentido de la flecha *a*, esta espiga se encuentre acuñada y en la imposibilidad de salirse.

Esta ensambladura, excelente en sí misma, no se opone a la separación de las piezas más que en el sentido de la flecha *a;* y en el sentido perpendicular, es decir, según la flecha *b,* solamente se



Figs. 33 a 36. — Ensambladura de media madera y cola de milano.

opone a la salida de la cola la adherencia producida por el acuñado. Sería, pues, necesario recurrir a fijarla por medio de un tornillo en el caso de que hubiera tendencia al movimiento en este sentido.

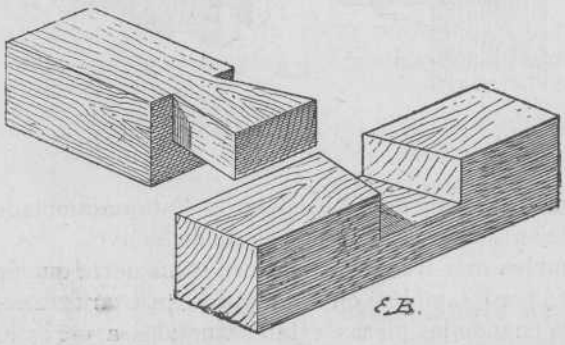


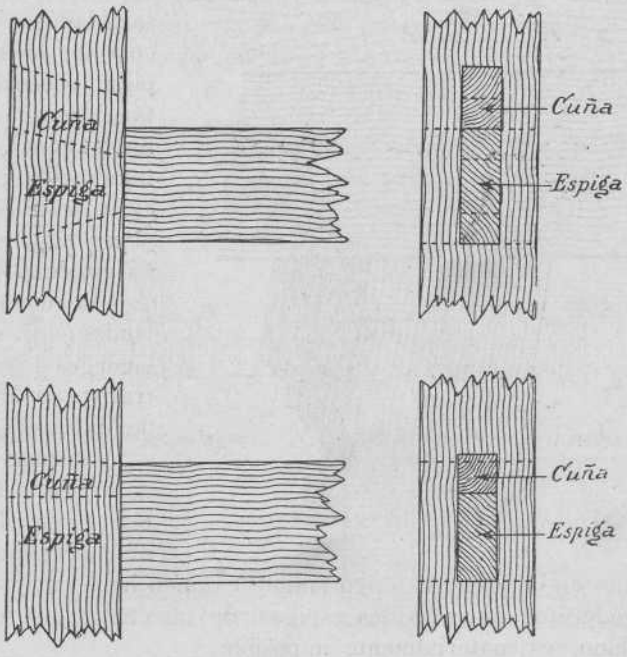
Fig. 37. — Ensambladura de cola de milano.

La figura 37, en perspectiva caballera, lo hará comprender claramente.

Ensambladura de cola de milano, caja, espiga y cala. — Es un perfeccionamiento del ensamblaje anterior. La caja se hace bastante grande para permitir la entrada de la espiga de cola (figs. 38 y 39);

después, por medio de una cala *a*, se obliga a la espiga a descender y alojarse en la parte en declive preparada para recibirla.

Se puede también hacer completa la cola de milano colocando



Figs. 38 a 41. — Ensambladura de cola de milano, caja, espiga y cala.

sencillamente una cala o cuña, más gruesa y oblicuamente (figuras 40 y 41).

Para impedir todo movimiento de la cala y hacer la cola de una pieza, por decirlo así, basta enclavijar o simplemente encolar; la cala entra muy justa, e introducida a la fuerza, formará cuerpo con la cola, que de este modo llenará completamente la caja.

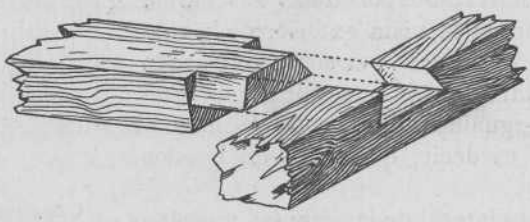


Fig. 42. — Cola de milano.

La ensambladura de cola de milano puede hacerse también como enseña la figura 42, cuando el esfuerzo que tiende a desunir las piezas se produce en la otra dirección.

Aunque nosotros pretendemos, al escribir esta obra, hacer un trabajo muy serio, no dejaremos pasar la ocasión de presentar a nuestros lectores una muestra curiosa de ensambladura de doble cola de milano y espiga, obtenidas simultáneamente sobre la misma pieza y completamente imposible de ejecutar no siendo por el procedimiento que se ha empleado para ello.

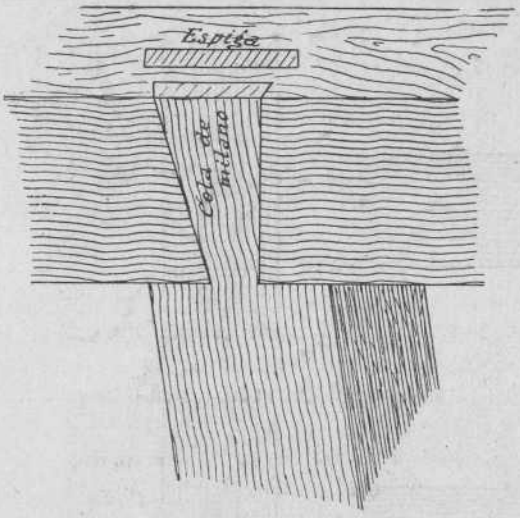


Fig. 43. — Cola de milano y espiga.

Debemos su conocimiento a su autor, Georges Lenglet, contratista de carpintería, de Marnes-la-Coquette.

Después de ejecutados, estos dos ensamblajes reunidos ofrecen el aspecto que representamos en la figura 43, cuyo simple examen hace comprender que la introducción de estas dos espigas, de las cuales una es de cola de milano, es materialmente imposible y no puede realizarse sino por un artificio.

El procedimiento consiste sencillamente en introducir las espigas por debajo y oblicuamente hasta que vengan a llenar por completo los huecos preparados en la otra pieza.

La figura 44 muestra las dos espigas antes de la introducción, y las figuras 45 a 50 dan el trazado por todas sus caras; la elevación da la vista exterior de la cola de milano, y se puede ver sobre el trazado de la mortaja — vista superior — que esta espiga es igualmente de cola de milano en planta, es decir, que lo es en los dos sentidos.

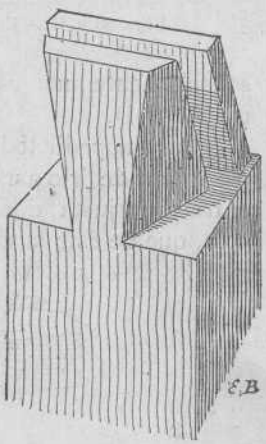


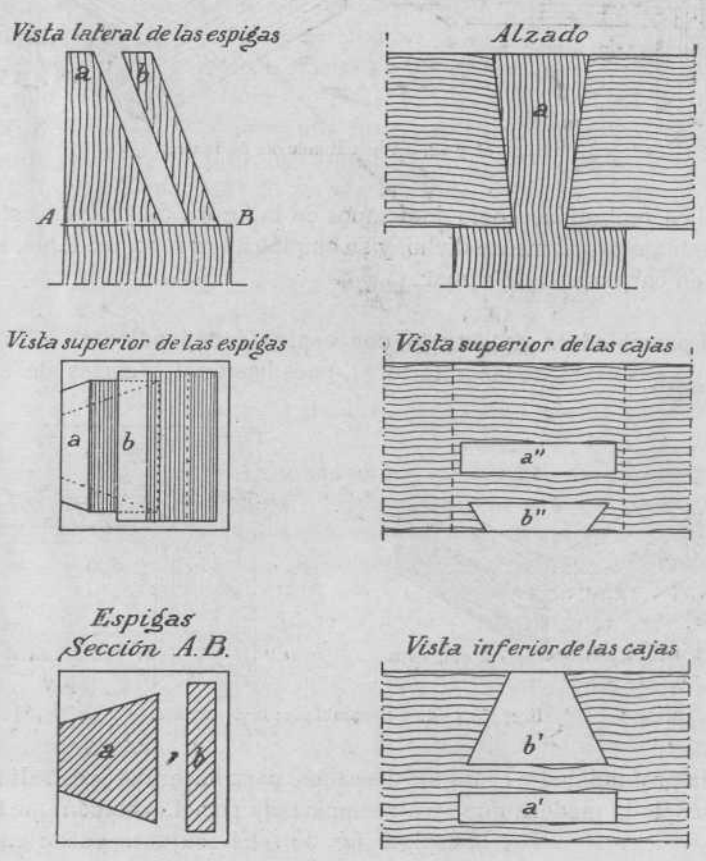
Fig. 44.
Cola de milano y espiga.

La vista lateral de las espigas muestra el ángulo de introducción; las espigas *a* y *b* vienen a entrar en las cajas *a'* y *b'* de la vista por debajo, para venir a aflorar en *a''* *b''* de la vista por encima.

Las secciones extremas de las espigas se ven en la figura que

representa las espigas vistas por encima, y las de su base, en el corte por *AB*.

Hemos dado este ejemplo únicamente a título de curiosidad, porque es muy poco práctico, dado que la espiga plana e inclinada corta las fibras de la madera, y la de doble cola no tiene más que la apariencia de solidez, porque puede sacarse fácilmente.

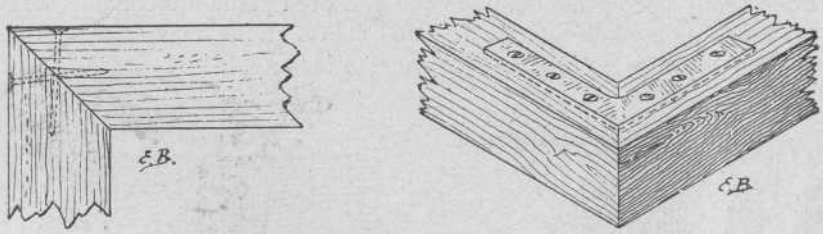


Figs. 45 a 50. — Detalles del ensamble.

Sin embargo, es muy interesante e indica en su autor un espíritu investigador muy loable y un gran ingenio.

Ensambladura de inglete. — Puede hacerse de varias formas esa ensambladura en los extremos de dos piezas cortadas a 45°. Existe la *ensambladura de junta plana*, que es poco empleada, salvo en recuadros o marcos de ebanistería, a causa de su poca solidez. No puede, en efecto, conseguirse una cierta cohesión de las dos piezas más que

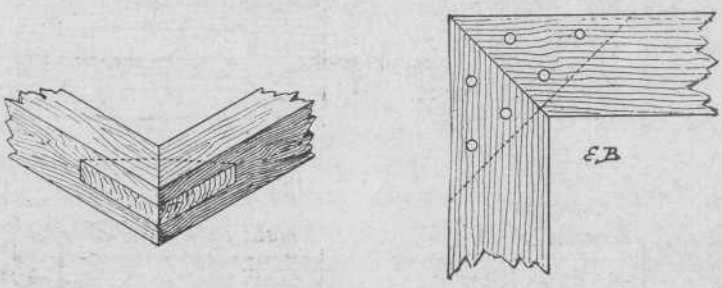
por medio de clavos o tornillos (fig. 51), que es el procedimiento empleado para los marcos muy económicos; o bien por una escuadra



Figs. 51 y 52. — Ensambladuras de inglete.

metálica embutida, como indicamos en la figura 52. No es éste un ensamblaje propiamente dicho, y su empleo no es recomendable, sobre todo en carpintería de armar.

Ensambladura de ángulo con espiga independiente. — Es más fácil de ejecutar que las anteriores, pues bastan dos cortes de sierra



Figs. 53 y 54. — Ensambladuras de inglete.

con la profundidad y el ángulo deseados, para hacer después saltar con el escoplo la madera que será reemplazada por el cartabón que forma la espiga (fig. 53). El conjunto puede enclavijarse, como se ve en la misma figura y en la 54.

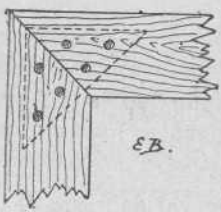
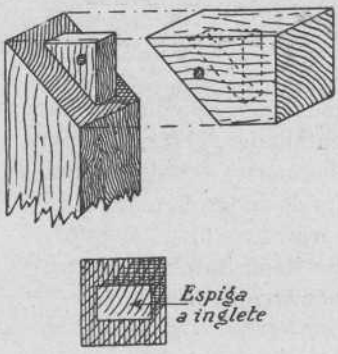


Fig. 55.
Espiga independiente.

Esta espiga independiente puede también hacerse invisible escopleando las dos piezas, como se ve en la figura 55, para que la espiga venga a alojarse por mitad en cada mortaja. Se puede hacer asimismo la espiga cuadrada y, una vez entrada en una de las mortajas, presenta el aspecto de la ensambladura que se indica más adelante, en la figura 56. Pero ofrece más resistencia en la forma triangular que queda reseñada, por tener más superficie para recibir clavijas.

La espiga cuadrada móvil se ve también en planta en la figura 65.

Ensambladura de ángulo de espiga invisible. — En esta ensambladura, una de las piezas lleva una espiga triangular que se aloja en una mortaja de la misma forma abierta en la otra pieza y se fija con una clavija, como de costumbre (figs. 56 a 58).



Figs. 56 a 58. — Espiga invisible.

En la figura 59 se presenta una ensambladura de ángulo que difiere en que no se le ha dado el corte en inglete. Una de las piezas lleva la espiga que tiene forma trapecial, pero que podría ser cuadrada, y la otra lleva la caja correspondiente.

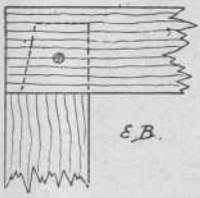
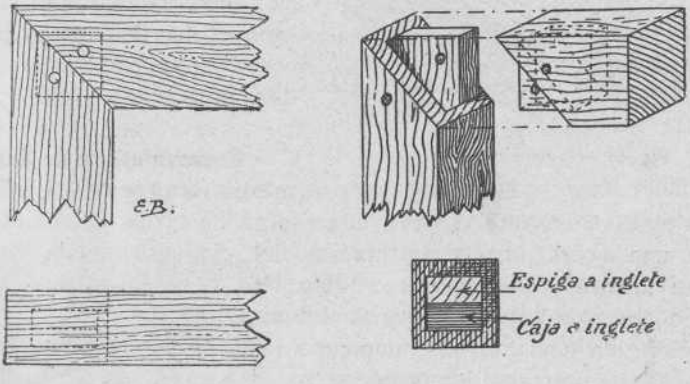


Fig. 59. — Ensambladura de ángulo con espiga.

Ensambladura de inglete de doble espiga invisible. — Exige que tengan las maderas cierto espesor, pues cada una lleva una espiga y una caja, para entrar la espiga de una pieza en la caja de la otra, y recíprocamente (figuras 60 a 64). La figura 64 muestra la espiga y la caja de una de las piezas.



Figs. 60 a 64. — Doble espiga invisible.

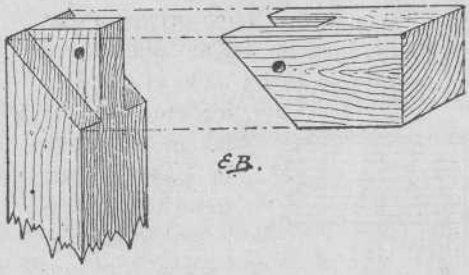
Se podría también, en este caso, proceder por espigas independientes, llevando las piezas únicamente mortaja; pero al reunir las

dos espigas (fig. 61) formarían una sola y nos encontraríamos de nuevo en el caso de la figura 65. A condición de no dar excesivo espesor a esta espiga, se debilita menos la madera.



Fig. 65. — Espiga móvil.

Ensambladura de ángulo de espiga aparente. — Es del mismo género que la representada en la figura 56, pero toma todo el ancho de la madera, y la mortaja se sustituye por una entalladura obtenida por dos cortes de sierra, quitando luego la madera intermedia (figs. 66 y 67). Se llama también *ensambladura de horquilla*.



Figs. 66 y 67. — Espiga aparente.

Ensambladura de inglete con llave. — En esta forma de ensamblaje, las dos piezas han sido cajeadas oblicuamente y hechas solidarias por una *llave* o espiga móvil de forma trapezoidal y sección plana o cuadrada, introducida a mazo, pero suavemente. Aquí, la solidez depende únicamente del frotamiento (fig 68). Para esta llave, como para todas las espigas móviles y clavijas, es conveniente emplear una madera dura.

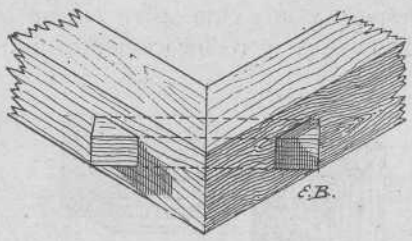


Fig. 68. — Inglete con llave.

Ensambladura de ángulo a media madera. — Cada una de las piezas a ensamblar lleva una espiga bastarda, colocándose de plano una sobre otra y la fijación del conjunto queda confiada exclusivamente a las clavijas (figura 69).

Se observará que esta ensambladura es poco rígida y no conviene emplearla sino en el caso de un trabajo muy ligero.

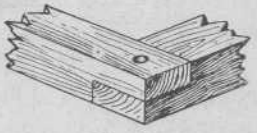


Fig. 69.
Ángulo a media madera.

Ensambladura de ángulo con horquilla y espiga. — Para obtener esta ensambladura, se divide el espesor de cada pieza en tres partes aproximadamente iguales mediante dos cortes de sierra. Sobre una de las piezas se encuentra la espiga y sobre la otra la

horquilla (fig. 70). Es mucho más sólida que la precedente, pues las piezas no pueden separarse mientras no se saquen las clavijas.

Ensambladura de colas de milano múltiples. — Se utiliza esta ensambladura cuando hay que enlazar tablas o maderos planos por su

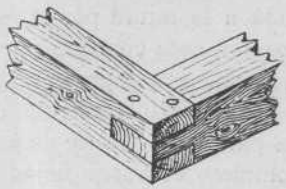


Fig. 70.
Ángulo con horquillas.

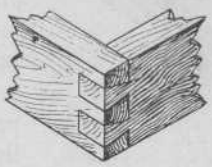


Fig. 71.
Colas de milano múltiples.

mayor ancho (fig. 71). Los cortes se dan de forma que las partes salientes de una pieza encajen en los huecos de la otra, llenándolos exactamente.

Como todas las demás ensambladuras, ésta no fija la pieza más que en un sentido, y puede siempre salirse, si es solicitada, en la otra dirección. A veces se obvia este inconveniente clavando o enclavijando, o también por el encolado, con lo que ya se consigue una cierta solidez.

Ensambladura de ranura y lengüeta. — Esta ensambladura, llamada también *machihembrado*, se emplea muy frecuentemente, dados los anchos bastante limitados de las maderas, y por este medio se pueden formar *paneles* o tableros con una gran superficie. Es, en cierto modo, una caja y espiga continua y generalmente va encolada (fig. 72).

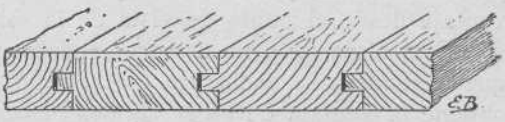


Fig. 72. — Machihembrado.



Fig. 73. — Machihembrado.

Se usa también muy a menudo en las piezas destinadas a enmarcar, recibiendo en una ranura practicada a lo largo de una de sus caras, la lengüeta de las extremidades de varias tablas ya unidas entre sí por sus cantos (fig. 73).

Ensambladura en cruz a media madera. — Este sistema es conveniente para las cruces de San Andrés y, en general, en todos los casos en que dos piezas que se cruzan deben encontrarse en el mismo plano

(figura 74). Si estas piezas así ensambladas tienen por misión impedir la deformación de un cuadrado o un rectángulo — ya que las entalladuras pueden hacerse al sesgo, — las dos piezas, según la dirección del esfuerzo, trabajan alternativamente por tracción y por compresión.

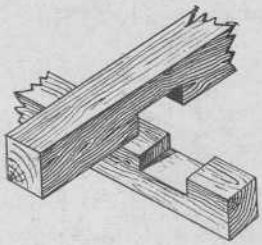


Fig. 74.
Media madera en cruz.

En el caso de tracción, la sección de la pieza reducida a la mitad por la escopleadura es la sección neta con que puede contarse para soportar el esfuerzo.

Si, por el contrario, se trata de compresión, y la parte penetrante de una pieza llena por completo el hueco dejado por el corte en la otra, se puede contar con la casi totalidad de la sección, al menos teóricamente, pues basta que la madera se haya contraído por la acción del calor para que la esclopeadura no quede llena y obre, por tanto, todo el esfuerzo de compresión sobre la sección reducida.

Precisa decir que, desde luego, en caso de deformación del cuadro en uno u otro sentido, las dos piezas trabajan simultáneamente, estando una estirada y la otra comprimida.

La forma de la entalladura puede variar, y damos como un ejemplo la representada en la figura 75. Pero esta ensambladura presenta mayor dificultad de ejecución sin aportar ninguna ventaja desde el punto de vista de la solidez.

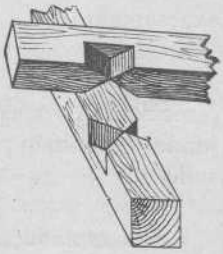


Fig. 75.
Media madera en cruz.

Esta disposición no es recomendable, porque la madera se encuentra cortada hasta la mitad y no por ello se obtiene la ventaja de tener las dos piezas en el mismo plano, lo que se comprende fácilmente al simple examen de la figura 76.

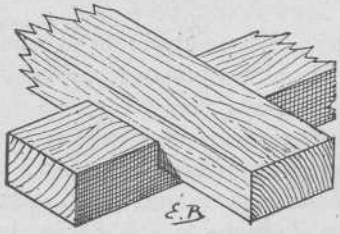


Fig. 76. — Media madera en cruz.

Si se admite, pues, que las dos piezas pueden quedar situadas en planos distintos, nos parece mucho más racional evitar la mano de obra de las entalladuras y colocar sencillamente ambas piezas enteras una sobre otra, uniéndolas por un tornillo pasante. Es más sencillo y más económico. No deberá emplearse, por lo tanto, este procedimiento sino cuando sea imposible admitir los dos espesores superpuestos y se esté obligado a situar las dos piezas en el mismo plano; pero repetimos que es más sencillo no emplear más que la ensambladura representada en la figura 74.

Ensambladura de cepos.—Se da el nombre de *cepos* a dos piezas de madera que abrazan entre sí una tercera pieza.

En carpintería de armar, los cepos pueden ser utilizados como travesaños, y entonces no se hallan sometidos a esfuerzos de tracción, o bien constituyen el tirante de un cuchillo, y entonces pueden ser estirados considerablemente.

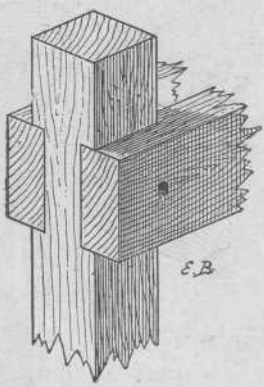


Fig. 77. — Cepo.

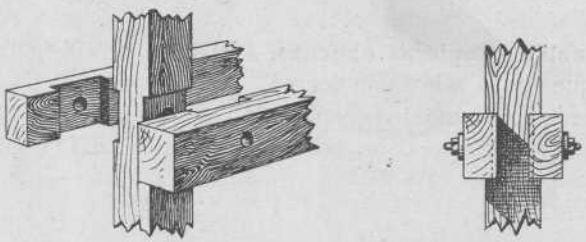
En el primer caso, apenas necesitan más que un apoyo, y entonces se entalla únicamente el pie derecho para proporcionarlo (fig. 77). Un pasador con sus arandelas fija los cepos en su sitio.

Más generalmente el cepo se halla solicitado en el sentido de su longitud, y entonces se hace preciso asegurarle una sujeción bastante resistente, como en el caso del tirante, por ejemplo.

Se procede entonces por entalladuras practicadas en el pie derecho y en los cepos — para repartir la pérdida de resistencia por el rebaje entre ambas piezas, — y se obtiene el resultado representado en la figura 78.

Se fija todo por un pasador como en el caso precedente, y como se indica en planta (fig. 79).

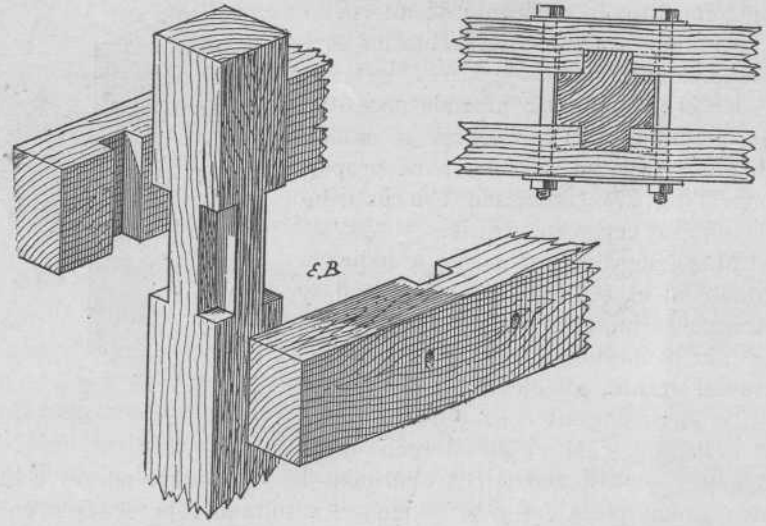
Las entalladuras sobre el pie derecho y los cepos se prestan a


Figs. 78 y 79. — Cepos.

toda clase de combinaciones, a condición únicamente de encontrar suficiente apoyo y enganche para los cepos.

Nuestras figuras 80 y 81 muestran un pie derecho que afecta en la parte escopleada una sección cruciforme. Los cepos se cortan en forma que vengan a llenar las entalladuras del pie derecho. Como se ve, el reposo se verifica sobre los cuatro ángulos, y la fijación puede efectuarse por un solo perno que atraviese por su centro la pieza vertical, o bien, como se ha dibujado, por medio de dos pernos con arandelas o bridas de talón.

El último caso encuentra principalmente su empleo cuando hay una reunión de cepos, como a veces ocurre sobre un pendolón cuando es grande la luz del cuchillo; en este caso sería preciso establecer el

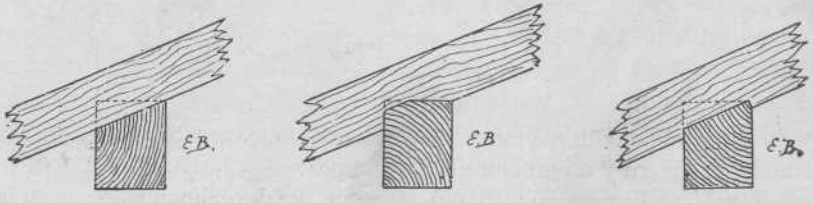


Figs. 80 y 81. — Entalladuras.

número de pernos y su fuerza en relación con la tracción ejercida y rellenar el intervalo entre los cepos con el fin de evitar su curvatura bajo la acción de los pernos.

Ensamblaje de piezas oblicuas. — El caso más sencillo es el de un cabio que apoya sobre una correa.

Se puede simplemente escoplear la correa según la pendiente del tejado (fig. 82) y fijar el cabio por medio de un ejión. O también, esco-



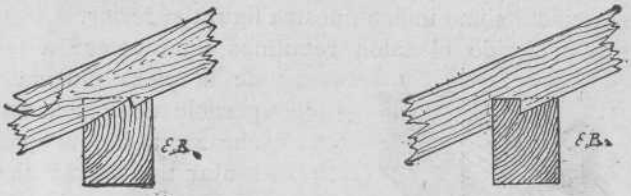
Figs. 82 a 84. — Ensamblajes oblicuos.

plear únicamente el cabio, o la correa y el cabio, como se ve en la figura 83.

Es mejor, desde el punto de vista del deslizamiento, la disposición indicada en la figura 84. La correa y el cabio se han esco-

pleado, y el último viene a topar sobre la correa, que se opone así a todo descenso.

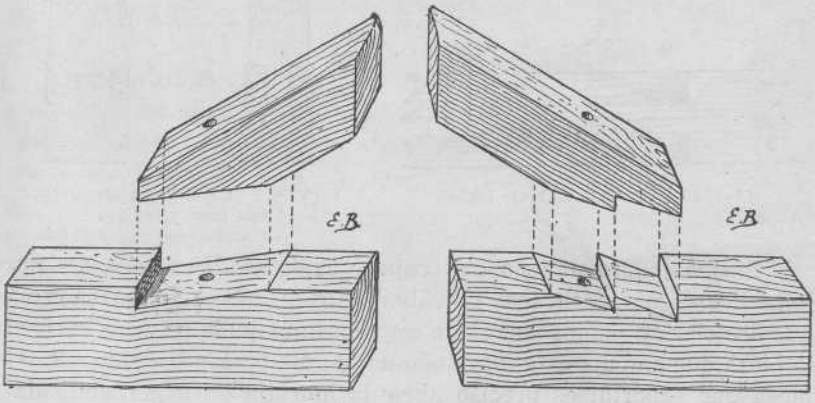
Por último, se hacen también entalladuras más complicadas, del género de las que representamos en las figuras 85 y 86. Exigen



Figs. 85 y 86. — Ensamblajes oblicuos.

más trabajo que la indicada en la figura 69 y no dan sensiblemente mejor resultado.

Ensamblajes oblicuos diversos. — Cuando la pieza oblicua no está sometida a esfuerzos considerables y únicamente está comprimida, podemos contentarnos con un simple embarbillado con suficiente tope y empernar las dos piezas (fig. 87). La pieza que aguanta no se debilita más que según la importancia dada a la barbilla.



Figs. 87 y 88. — Embarbillados.

Este mismo género de ensambladura puede hacerse con doble embarbillado (fig. 88), y presenta la ventaja de ofrecer dos topes o escalones, es decir, una mayor superficie de apoyo en el sentido del esfuerzo.

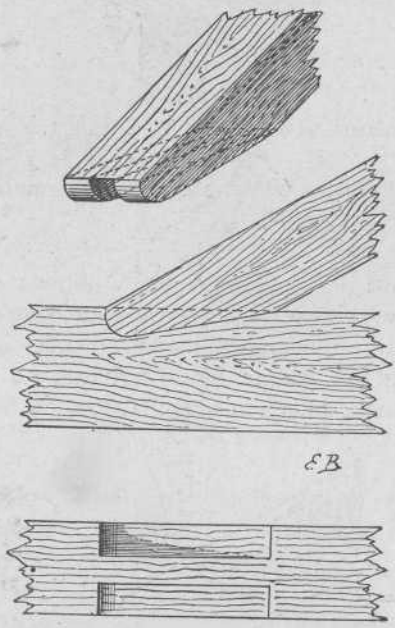
Nada impide completar estos ensamblajes por cajas y espigas.

Ensamblaje oblicuo inglés. — Los carpinteros ingleses tienen, al parecer, la costumbre de cortar el talón o tope en arco de círculo

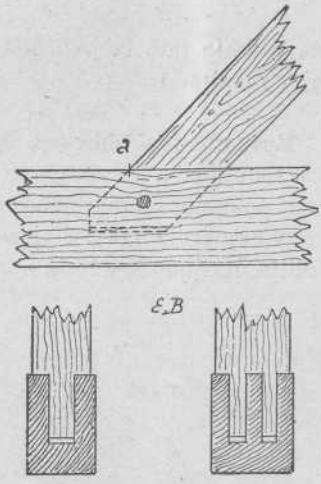
(figuras 89 a 91), y de practicarlo solamente hacia el exterior, dejando en medio una parte en el mismo plano que la superficie de la pieza portante, como se observa en los dos dibujos que representan la elevación y la planta.

En lugar de llevar una espiga la pieza oblicua, se encuentra entonces vaciada, como indica nuestra figura superior.

Hemos preferido el talón rectilíneo, que ofrece a la presión de la pieza oblicua una superficie de tope siempre más eficaz que la que podría presentar una forma circular.



Figs. 89 a 91. — Ensamblaje inglés.



Figs. 92 a 94. — Ensamblaje oblicuo con caja y espiga.

Ensambladura oblicua con caja y espiga. — Ejecutada sin barbilla, la espiga soporta todo el trabajo (figs. 92 a 94). No haremos más que dos observaciones acerca de este ensamblaje: la primera es que si la pieza que empuja está formando un ángulo bastante agudo sobre la pieza que soporta, es preciso abrir la mortaja en *a* perpendicularmente a esta última, porque la apertura de la caja según un ángulo agudo pronunciado sería de difícil ejecución, y, además, que la pieza oblicua tendría una tendencia a actuar como cuña, levantando la madera y haciéndola saltar según su eje longitudinal. Se hacen una o dos espigas, como indican las figuras 93 y 94. Pero nuestra opinión es que basta una sola, sobre todo para las maderas de escasa escuadría.

Ensambladura oblicua de embarbillado, caja y espiga. — Aplicamos aquí lo que acaba de decirse respecto al trazado de la mortaja, haciendo a ésta continuar la línea del talón (fig. 95).

Para debilitar menos la pieza, pueden hacerse varias barbillas de

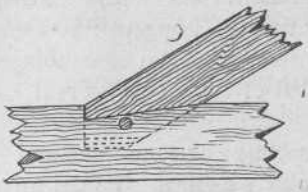


Fig. 95. — Barbilla y espiga.

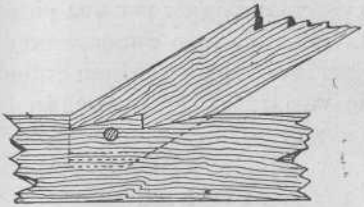
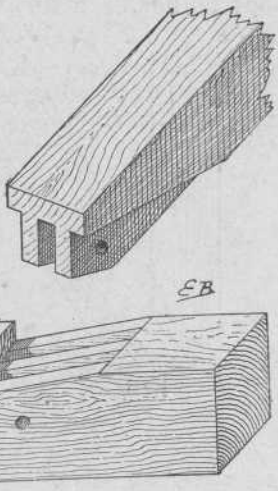


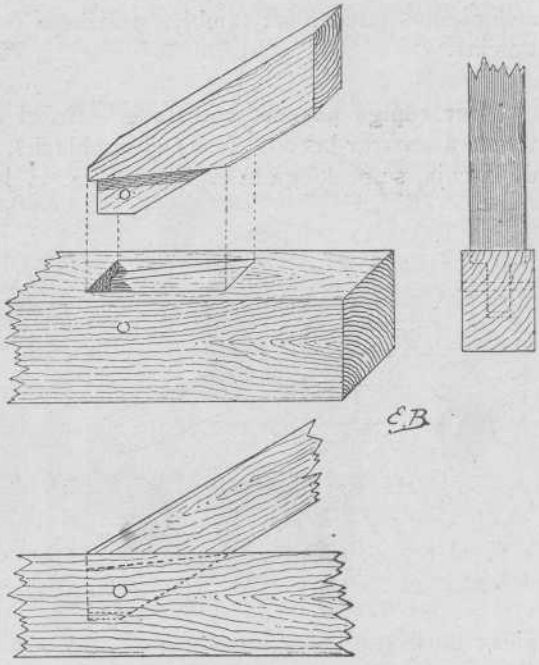
Fig. 96. — Doble barbilla y espiga.



Figs. 97 y 98. — Barbilla y doble espiga.

manera que la superficie presentada por los resaltos sucesivos esté en relación con el empuje debido a la pieza oblicua (fig. 96).

Ensambladura oblicua de barbilla y doble espiga. — La única diferencia que presenta con la precedente es la de tener dos espigas en lugar de una, y, por consiguiente, dos mortajas (figs. 97 y 98).



Figs. 99 a 101. — Barbilla oculta.

Ensambladura oblicua de barbilla oculta. — Cuando la pieza que lleva la espiga es de menor escuadría que aquella sobre la que viene a ensamblarse, el embarbillado y el talón dejan de ser aparentes, porque en lugar de ser el resultado de una

simple entalladura, están escopleados y vaciados en la pieza que soporta (figs. 99 a 101). La figura 99 representa las piezas en disposición de unirse; la figura 100 es la elevación *geometral* del ensamblaje, y la figura 101 el corte transversal.

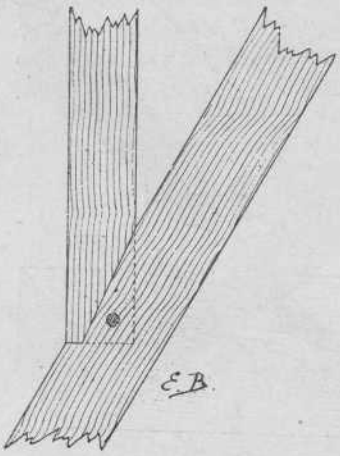
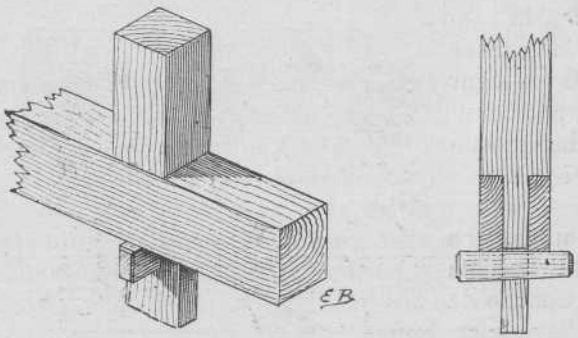


Fig. 102.
Ensamblaje oblicuo vertical.

Ensamblaje oblicuo vertical de embarbillado y espiga.—Es del mismo género que el explicado en la figura 95, pero difiere de él, no obstante, por el trazado especial exigido por una pieza que está sometida a un esfuerzo en el sentido vertical (fig. 102). Bien entendido que variará el trazado según la inclinación de la pieza portante, debiendo ser siempre el corte perpendicular a la pieza vertical.

En los ejemplos siguientes, de ensamblajes de piezas suspendidas, hemos considerado principalmente el caso de ensamblaje de un pendolón con el tirante, pero estos procedimientos pueden ser también utilizados en otras muchas circunstancias.

Por espiga pasante con llave.—En el caso de un esfuerzo que tiende a separar las dos piezas ensambladas, haciendo salir la espiga de la caja, se prolonga la espiga una cierta longitud por debajo de la



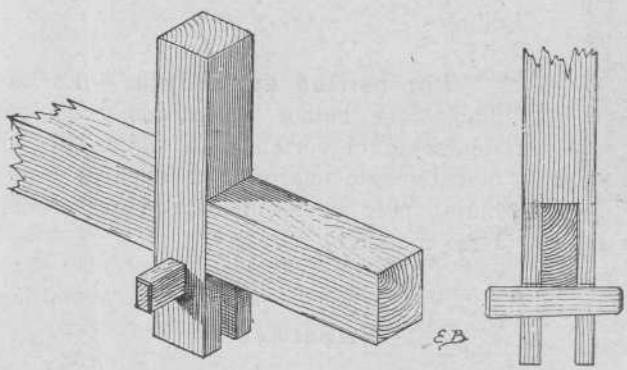
Figs. 103 y 104. — Espiga pasante con llave.

pieza horizontal y se introduce al través de aquélla una chaveta o *llave* que solidariza las dos piezas (figs. 103 y 104). Al trazar la mortaja para el paso de la llave, se tiene cuidado de agrandar por arriba esta abertura para permitir a la llave, cuyas caras superior e inferior

no son paralelas, formar caña y poder avanzar sin que haya contacto con la espiga por la parte superior.

La figura 104 presenta el corte vertical por el eje.

Por horquilla. — Aquí, la pieza horizontal se halla escopleada por sus dos caras verticales, y la otra pieza lleva dos espigas que llenan

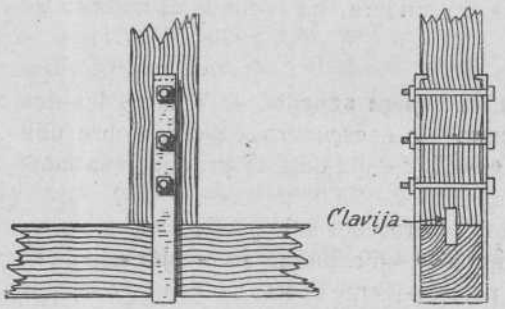


Figs. 105 y 105. — Horquilla o doble espiga.

las escopleaduras (figs. 105 y 106), y que rebasan por debajo para recibir la llave, que hace el mismo oficio que en el caso anterior (figura 103).

La figura 105 representa el corte vertical por el eje.

Por estribo metálico. — Los ensamblajes que acabamos de examinar no convienen sino cuando los esfuerzos que tienden a separar las



Figs. 107 y 108. — Estribo metálico.

piezas son de poca importancia; pero cuando hay que contar con esfuerzos considerables, vale más recurrir al hierro, que da una seguridad mucho mayor (figs. 107 y 108).

Las dos piezas reunidas y mantenidas provisionalmente por un rejón se rodean por una pieza de hierro plano de dos ramas, cuyas extremidades están dobladas en forma de gancho, llamado por los cerrajeros *talón* y que se alojan en hendeduras preparadas para recibirlos. Luego se fija el conjunto por medio de pernos, como indican nuestros dibujos.

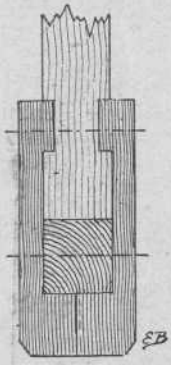


Fig. 109.
Estribo de madera.

Por estribo de madera. — Es un antiguo dibujo que hemos encontrado y del que damos solamente el corte en la figura 109, como suficientemente claro para explicar este ensamblaje; pero aconsejamos con preferencia el estribo metálico.

Empalmes

En construcción no siempre se encuentran piezas de madera con la longitud requerida. Precisa entonces recurrir a ensamblajes que permitan la prolongación, ya en piezas comprimidas, como, por ejemplo, los montantes o pies derechos, o bien en piezas estiradas.

En este rápido examen procederemos por orden de sencillez de trabajo, indicando para cada ejemplo si el procedimiento conviene para un trabajo de compresión o un trabajo de tracción.

Esta clase de ensamblaje, destinado a prolongar una pieza de madera, ha recibido el nombre de *empalme*.

Empalme de espiga sencilla. — Cortadas las dos piezas perfectamente a escuadra, se deja sobre una de ellas una espiga y en la otra se practica una mortaja (fig. 110).

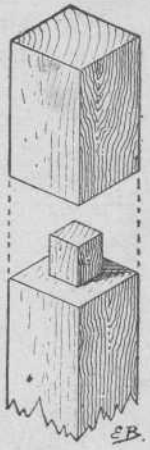


Fig. 110.
Espiga sencilla.

Esta forma de proceder sólo puede convenir para una pieza sometida a un esfuerzo de compresión cuya dirección es perfectamente recta, sin esfuerzo lateral de ninguna clase.

La espiga puede también hacerse independiente, y entonces las dos piezas van mortajadas; también puede emplearse el rejón metálico, pero como nada impediría a las piezas girar alrededor de éste como eje, sería preciso poner dos; parece, pues, preferible la espiga cuadrada.

Empalme a tope con grapas. — Este ensamblaje tiene un carácter esencialmente provisional y es, además, poco usado. La grapa es una pieza de hierro con dos puntas piramidales agudas, dobladas casi en ángulo recto y con una inclinación tal, que al hundirse estas puntas en la madera, aproximará las dos piezas y las obligará a un contacto completo (fig. 111). Se colocan dos, y a veces cuatro grapas, y un rejón en el centro.

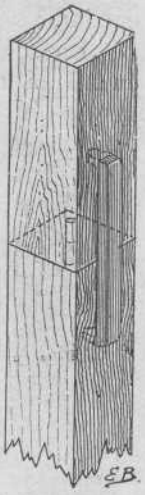


Fig. 111. Empalme con grapas.

Empalme con bridas. — Una de las soluciones más sencillas y quizá la mejor. Este empalme llena las condiciones requeridas para dar rigidez a la junta en el caso de un soporte vertical, por ejemplo, y es igualmente propio para un trabajo de tracción (figura 112). Basta, para obtener un buen resultado, poner dos o cuatro bridas, según la importancia de los esfuerzos que tienden a separar las dos piezas en un sentido cualquiera, y dar a las bridas el espesor y el ancho suficientes. La longitud es también muy importante, puesto que es la que permite interesar la madera sobre una extensión mayor, y colocar un número mayor de pernos o de tornillos.



Fig. 112. Empalme con bridas.

Las bridas llevan en cada extremo una parte doblada en escuadra, de 15 a 20 mm., formando talones que penetran en cajuelas muy justas, para obtener el mismo efecto de aprovechamiento de las piezas que producen las grapas. A veces van embutidas para no formar saliente sobre la madera; éste es el caso de un pie derecho que debe pintarse; se fijan entonces por medio de tornillos de cabeza fresada. Generalmente se emplean pernos.

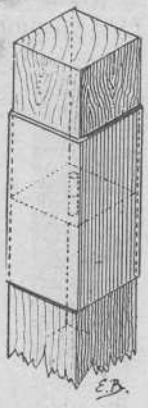


Fig. 113. Empalme zunchado.

Empalme zunchado. — La palabra *zunchado* (1) que empleamos aquí no es absolutamente exacta, pero, no obstante, el objeto que designamos con el nombre de *zuncho* desempeña el mismo papel que el zuncho aplicado a una cabeza de pilote o a una maza o cubo de coche, con la única diferencia de que sujeta dos piezas y hace al mismo tiempo de cubrejunta (fig. 113).

(1) *Fretado* se dice también, en correspondencia con el francés, *fretté*, sobre todo al tratar de construcciones de hormigón fretado *(béton fretté)*.

Este sistema puede emplearse con maderas redondas, cuadradas o rectangulares. El zuncho, en el momento de su colocación, debe llevarse a una alta temperatura, alrededor de 80°, de manera que se encuentre dilatado para que, una vez en su sitio, se contraiga al enfriarse y oprima la madera.

La soldadura de una pieza de esta forma presenta cierta dificultad, a menos de emplear la autógena, por lo cual se reemplaza a veces la soldadura por un remachado perdido.

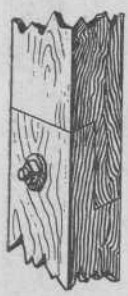


Fig. 114. Empalme a media madera.

Por lo que respecta a la altura, diremos, como para las bridas, que debe ser proporcionada a los esfuerzos que tenga que soportar.

Este ensamblaje puede presentar las mismas ventajas que el precedente, tanto para los esfuerzos laterales como para los de extensión; basta, en este último caso, dar al zuncho la longitud necesaria y colocar el número de pernos indispensable.

También, como en el ejemplo de las bridas, puede hacerse al zuncho enrasar con el plano de la madera, bastando embutirlo en ésta y emplear tornillos de cabeza fresada.

Empalme a media madera. — Es el corte más sencillo en carpintería y consiste en rebajar las maderas en la mitad de su espesor, reuniendo las dos piezas por un perno con arandelas (fig. 114).

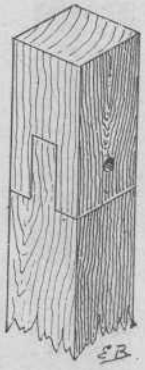


Fig. 115. Empalme de horquilla.

Empalme de horquilla. — Preferible al anterior, este ensamblaje es más sólido, porque las dos piezas, si el corte es esmerado, pueden hacerse solidarias por medio de una simple clavija (figura 115).



Fig. 116. Empalme de pico de flauta.

Empalme de pico de flauta. — En este ensamblaje, las dos piezas están en contacto por un corte oblicuo y la presión vertical es soportada por dos pequeños topes (fig. 116).

Esta disposición es poco apropiada para soportar grandes cargas, porque no se puede confiar mucho en las dos pequeñas superficies de los topes, ya que el corte en bisel no es más que una superficie de deslizamiento, y, por tanto, las extremidades tienen tendencia a formar cuña y a hacer saltar la madera.

Ciertamente que los pernos, al apretar una contra otra las superficies oblicuas, constituyen en cierto modo un apoyo, pero soportan un esfuerzo de tracción considerable.

Este ensamblaje resiste mejor a los esfuerzos laterales, pero no puede soportar una tracción.

Empalme de rayo de Júpiter. — Desde el punto de vista del aplastamiento, este dispositivo tiene todos los inconvenientes y todas las ventajas que hemos señalado para el empalme de pico de flauta, pero, no obstante, es, gracias a la llave, susceptible de sostenerse sin el auxilio de pernos (fig. 117).

Estando bien hecho el corte, tenemos más confianza en el mismo ensamblaje empernado (fig. 118), que ya puede sufrir algunos esfuerzos de tracción.



Figs. 117 y 118.
Empalmes en rayo de Júpiter.

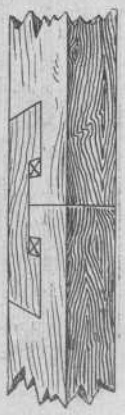
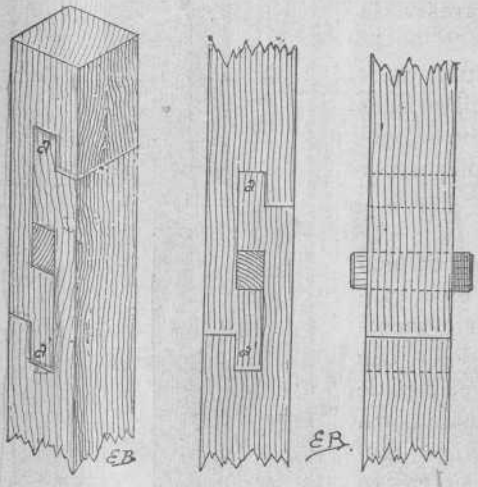


Fig. 119.
Empalme de llaves.

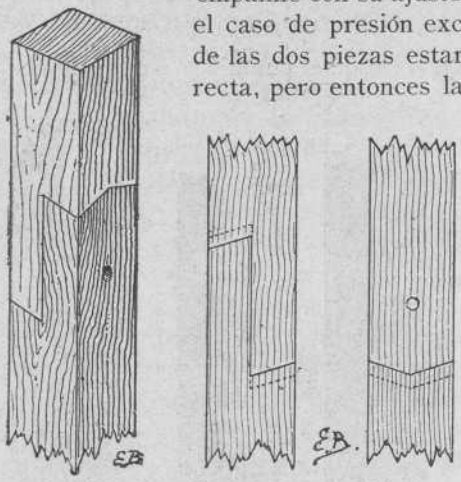
Empalme de llaves. — Este ensamblaje no enlaza las dos piezas más que en la mitad de su espesor, aproximadamente; por el simple examen de la figura 119 se aprecia que, al apretar las llaves, pueden llegar las dos piezas ensambladas a no formar ya una línea recta, lo cual sería desfavorable desde el punto de vista del *pandeo*. Además, si se supone un esfuerzo horizontal actuando de derecha a izquierda, se concibe que la junta de la derecha, no sujeta por nada, se abrirá y el conjunto quedará flexado.



Figs. 120 a 122. — Empalme de llave.

Empalme de llave. — Preferible con mucho al precedente en el sentido de que ofrece exactamente la misma solidez sobre las dos caras de junta y hay también equilibrio en todos sentidos. Es, en nuestra opinión, la mejor junta entre las que no exigen el auxilio del metal (figs. 120 a 122).

En las figuras 121 y 122 presentamos el trazado geometral de este empalme con su ajuste por llave. Es evidente que en el caso de presión excesiva de la llave, el conjunto de las dos piezas estaría solicitado a salir de la línea recta, pero entonces las dos espigas *a* y *a'* se opondrían a ello en la medida de lo posible. Repetimos, por tanto, que, admitiendo un corte perfecto de la madera, debe ser éste el ensamblaje más completo a base de madera exclusivamente, porque se opone al mismo tiempo a toda deformación lateral y a toda separación en el sentido de la longitud bajo el esfuerzo de una tracción.

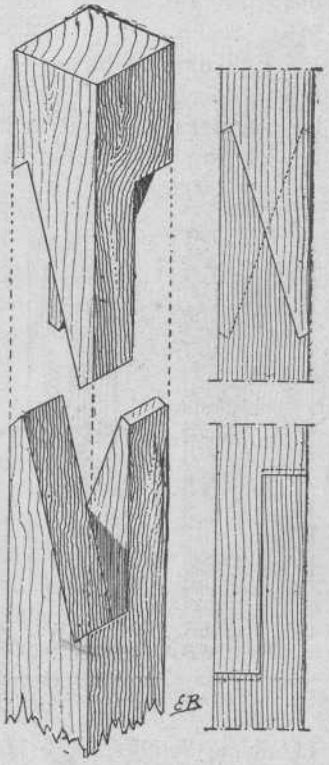


Figs. 123 a 125. — Corte quebrado.

Empalme a media madera con corte quebrado. — Es un perfeccionamiento del ensamblaje representado en la figura 114 en el sentido de que, si se admite cierta imperfección de corte, un simple enclavijado impide la deformación en los dos sentidos perpendiculares a la longitud (figs. 123 a 125).

En el sentido de la longitud, ya es menos resistente este ensamblaje, pues únicamente la clavija o el perno se oponen a la separación de las piezas por tracción.

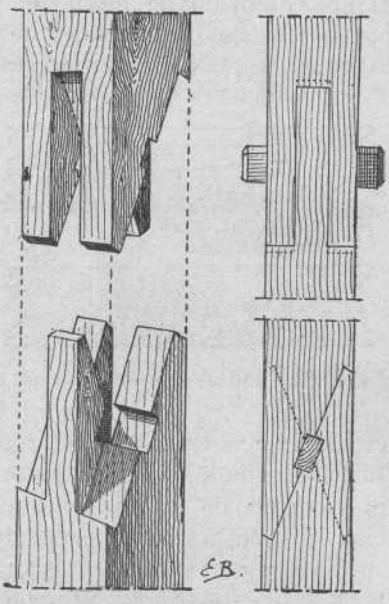
Empalme de media madera en pico de flauta. — Este ensamblaje es la aplicación en dos sentidos del corte representado en la figura 116, es decir, que para una mitad de la madera el pico de flauta está en un sentido y para la otra mitad está en sentido contrario (figuras 126 a 128). No es admisible sino para un empalme de pie derecho o poste poco cargado, porque en caso de carga muy fuerte, si suponemos que las extremidades forman cuña y hacen saltar



Figs. 126 a 128.
Pico de flauta a media madera.

la madera, se produciría una torsión del conjunto. Este peligro puede evitarse colocando un zuncho o collar que recubra la junta.

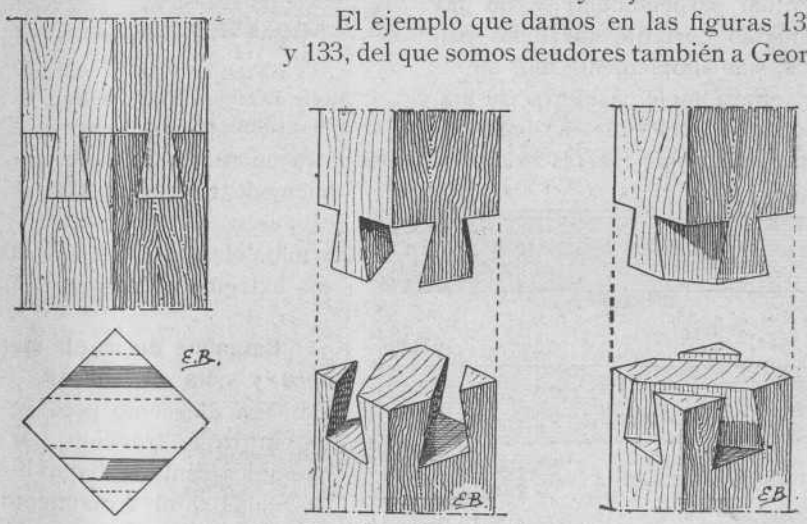
Empalme de horquilla con falso corte. — Es un perfeccionamiento del ejemplo anterior. Aquí no existe ya temor a la torsión, pues la pieza superior viene a acuñar en la inferior y recíprocamente (figs. 129 a 131). La llave da a este ensamblaje una cierta resistencia a la tracción, pero nos parece mejor, para resistir en este sentido, escoger otro ensamblaje más apropiado.



Figs. 129 a 131. — Horquilla en falso corte.

Empalme de cola de milano. — La cola de milano es aplicable al empalme de las piezas, pero no presenta grandes ventajas sobre el ensamblaje de horquilla, si se trata de un poste cargado; si, por el contrario, existe esfuerzo de tensión, la cola, para salir, haría cuña en sentido inverso y rajaría la madera.

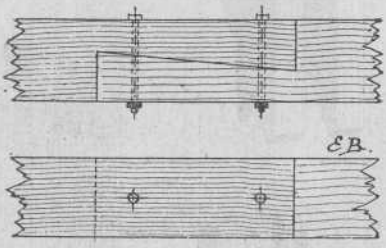
El ejemplo que damos en las figuras 132 y 133, del que somos deudores también a Geor-



Figs. 132 a 135. — Colas de milano.

ges Lenglet, ya citado, es ciertamente curioso. Una vez ejecutado, tiene la apariencia de cuatro espigas de cola sobre la misma pieza,

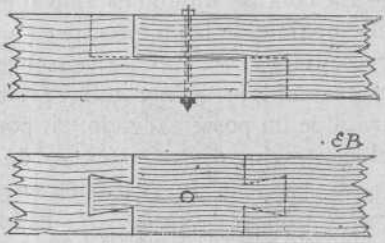
lo que a primera vista es perfectamente inexplicable, si no se conoce el procedimiento de ejecución, por lo demás muy sencillo, y que consiste en dos ensamblajes de cola practicados paralelamente a la diagonal, según indicamos en planta en la figura 133.



Figs. 136 y 137. — Falso corte invertido.

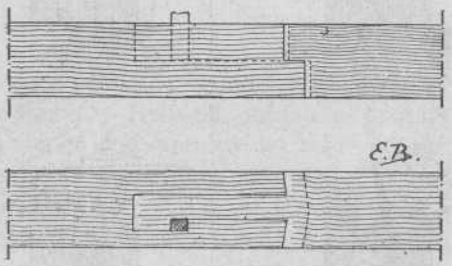
Para hacernos comprender mejor, damos este ensamblaje en perspectiva (fig. 134), en el sentido de la diagonal paralela a las espigas y escopleaduras; y (figura 135) en el sentido perpendicular a estas mismas mortajas y espigas.

Empalme de media madera con falso corte invertido. — Este ensamblaje es semejante al representado en la figura 114 y no debe su solidez sino a los pernos que le sujetan (figs. 136 y 137). Es bastante propio para un trabajo de tracción, porque, a consecuencia de su fijación por pernos, presenta todas las ventajas del ensamblaje de cola de milano. Por otra parte, las dos piezas, por efecto del corte oblicuo, tienden a separarse en el sentido perpendicular y no hay esfuerzo cortante sobre los pernos, sino simplemente tensión.



Figs. 138 y 139.
Media madera y cola de milano.

Para mejor asegurar la fijación, es preferible no emplear arandelas, sino fuertes bridas, y se obtendrá un resultado mejor aún haciendo que las bridas sobrepasen el ensamblaje y armándolas de talones en sus extremidades.



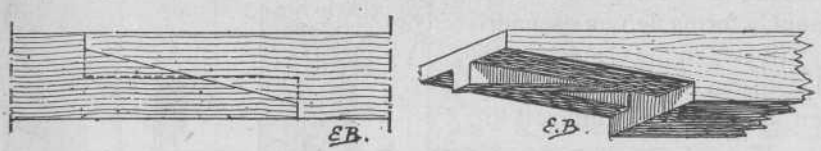
Figs. 140 y 141. — Cola con rediente y llave.

Empalme de media madera y cola de milano. — Tan sencillo como poco resistente a la tracción, porque únicamente trabajan las dos colas y el frotamiento determinado por la presión del perno (figs. 138 y 139).

Empalme de rediente y llave. — Este procedimiento no es más recomendable que el precedente, por no interesar más que la mitad

de la madera (figs. 140 y 141), y así no convendría para soportar un gran esfuerzo.

Empalme de falso corte, cajas y espigas. — Afianzado por dos pernos, nos parece que este ensamblaje sólo podría convenir para sopor-



Figs. 142 y 143. — Falso corte con cajas y espigas.

tar un esfuerzo de compresión (figs. 142 y 143). Sometido a una tracción, no se opondrían a la separación de las piezas más que los pernos.

Empalme de rayo de Júpiter con redientes. — Bien empernado, puede soportar este ensamblaje esfuerzos longitudinales en am-

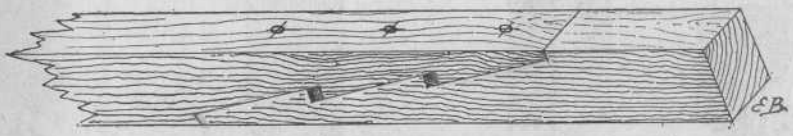


Fig. 144. — Rayo de Júpiter con redientes.

bos sentidos, pero conviene mejor para un trabajo de compresión (figura 144).

Empalme de media madera y llaves. — Este ensamblaje lleva cabezas de corte inclinado y espigas (fig. 145). Una vez ajustado por

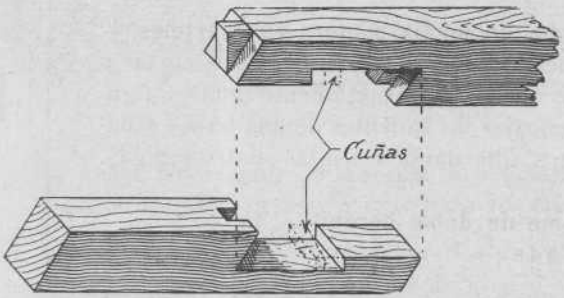
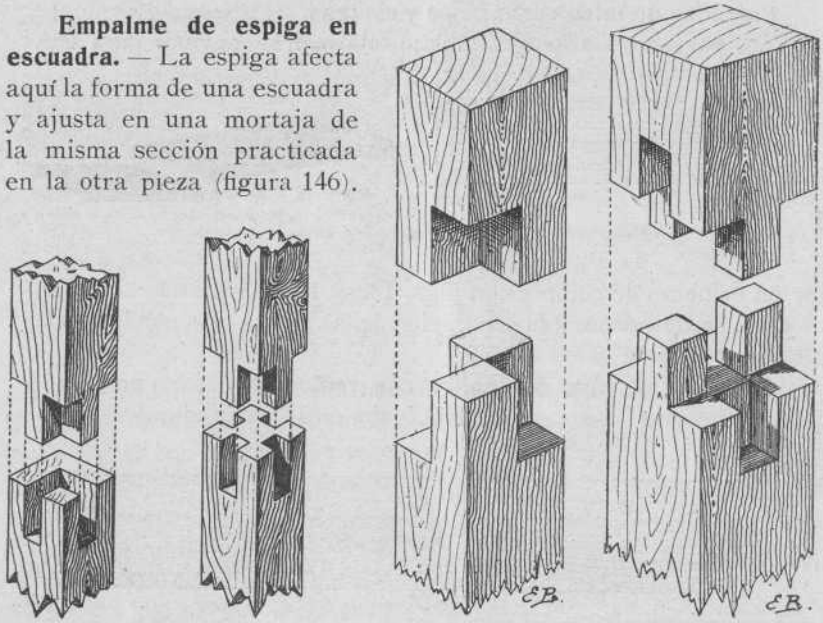


Fig. 145. — Media madera y llaves.

medio de dos llaves o cuñas, introducidas en opuesto sentido, de manera que su plano de deslizamiento quede entre ellas y sus lados

exteriores se conserven paralelos, se puede imponer a las piezas así reunidas una tracción o una compresión.

Empalme de espiga en escuadra. — La espiga afecta aquí la forma de una escuadra y ajusta en una mortaja de la misma sección practicada en la otra pieza (figura 146).

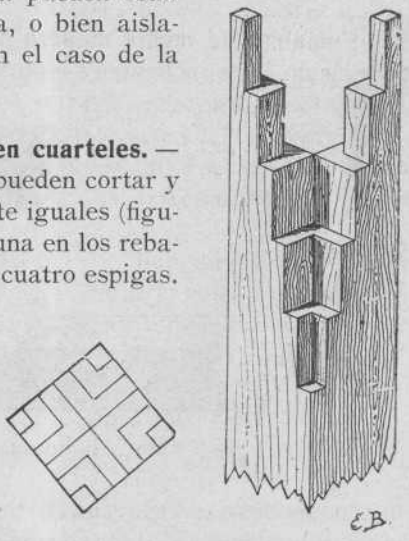


Figs. 146 a 149. — Empalmes diversos.

Empalme de cuatro espigas. — Las cuatro espigas se encuentran naturalmente una sobre cada cara: pueden estar unidas, formando una cruz griega, o bien aisladas unas de otras, como ocurre en el caso de la figura 147.

Empalme de media madera en cuarteles. — Para obtener este ensamblaje, se pueden cortar y trabajar las dos piezas exactamente iguales (figura 148) y encajar los salientes de una en los rebajos de la otra, alternándose así las cuatro espigas.

Empalme de doble horquilla cuadrada. — Este ensamblaje, como el precedente, tiene para las dos piezas una forma semejante y basta hacerlas girar 90° para que las espigas se inserten en las mortajas (figura 149).



Figs. 150 y 151. — Empalme escalonado.

No obstante nuestra intención de hacer un trabajo muy completo, nos sería imposible presentar todas las ingeniosas combinaciones de ensamblajes que los carpinteros han llegado a idear, unas notables por sus resultados prácticos y otras curiosas por el ingenio que revelan.

Como último ejemplo, ofrecemos las figuras 150 y 151, cuyas piezas tienen también un corte idéntico.

Empalmes de cepos. — Además del empalme con largas bridas empernadas, véase en la figura 152 uno con redientes y llaves que

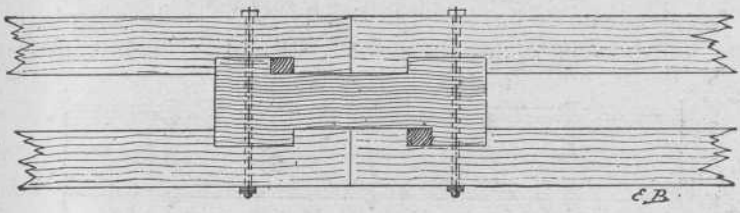


Fig. 152. — Empalme de cepos.

puede ser utilizado. Lleva también pernos que lo afianzan perpendicularmente a la longitud, sin lo cual no ofrecería ninguna seguridad.

Acoplamientos

De igual modo que no siempre se dispone de piezas suficientemente largas, ocurre también, a veces, que las maderas no presentan la escuadría necesaria y la resistencia que exige el trabajo a que han de someterse, y que, además, no se dispone de la altura suficiente para recurrir a un sistema resistente triangulado.

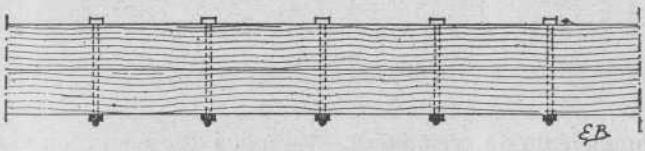


Fig. 153. — Acoplamiento de plano.

Hablaremos ahora únicamente de la forma de acoplar las piezas, reservando el estudio completo de este asunto para hacerlo al tratar de las vigas.

Acoplamiento de plano.—Es el más sencillo: las piezas, colocadas simplemente una sobre otra, están unidas por pernos (fig. 153).

Acoplamiento de nuez. — Lo mismo que en el caso anterior, se superponen las dos piezas; pero, además, para prevenir toda posibi-

lidad de deslizamiento de una sobre otra, están escopleadas, y las entalladuras guarnecidas con madera dura (fig. 154). Los pernos son todavía indispensables en este caso.

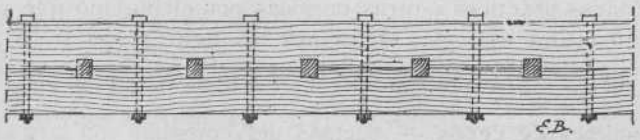


Fig. 154. — Acoplamiento de nuez.

Acoplamiento de llaves.—Las dos llaves, cortadas en planta en forma de trapecio e introducidas en sentido inverso, constituyen

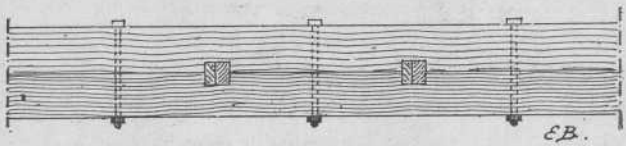


Fig. 155. — Acoplamiento de llaves.

reunidas una sección rectangular, extensible y muy propia para el ajuste. Es lo que representamos en la figura 155, en la que indicamos las llaves entre cada dos pernos.

Acoplamiento de redientes. — Aquí se hace el montaje presentando las piezas lateralmente, pues la forma de los encajes se opone al ensamble por superposición (fig. 156).

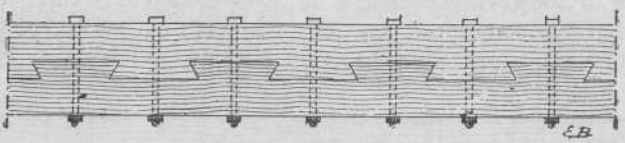


Fig. 156. — Acoplamiento de redientes.

Acoplamiento de cremallera.—La única diferencia con el ejemplo anterior consiste en el recortado en forma de dientes de sierra practi-

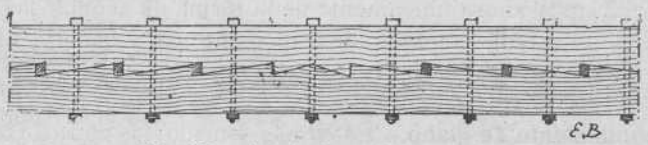
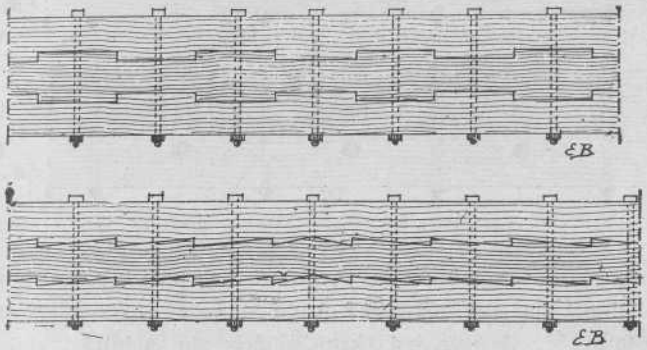


Fig. 157. — Acoplamiento de cremallera.

cado en sentido inverso a cada lado del centro de la pieza (fig. 157). El empernado se hace como indica el dibujo.

Acoplamiento de tres piezas por redientes o cremalleras. — En los cuatro ejemplos acabados de examinar, que son vigas simétricas, se observará que, admitiendo un perfecto ajuste por los pernos, se puede considerar la junta como la fibra neutra de la pieza compuesta y escapando, por tanto, a toda tensión o compresión, salvo el caso en que, bajo una carga considerable, hubiese una flecha bastante pro-



Figs. 158 y 159. — Acoplamiento de tres piezas.

nunciada para ocasionar un deslizamiento sensible de las piezas una sobre otra. En este momento es cuando las cremalleras y redientes tendrían una misión de utilidad.

No ocurre lo mismo en vigas formadas de tres piezas: al encontrarse las juntas alejadas de la fibra neutra, puede haber alargamiento sobre la superficie de junta inferior y acortamiento sobre la superior (figs. 158 y 159). Entonces las llaves, redientes y cremalleras trabajan inmediatamente oponiéndose al deslizamiento, que de otro modo se produciría.

Acoplamiento con piezas intermedias. — Las anteriores consideraciones nos han conducido a componer una viga calada, que puede

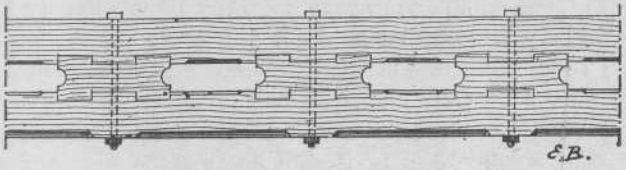
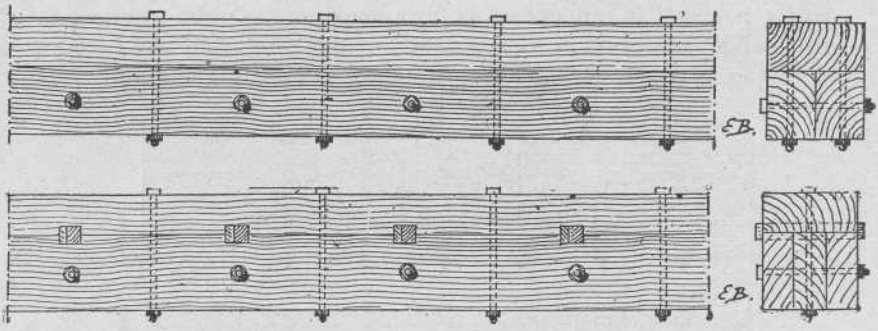


Fig. 160. — Acoplamiento con piezas intermedias.

ser hasta cierto punto decorativa (fig. 160) y presentar casi tanta resistencia como el ejemplo de la figura 158.

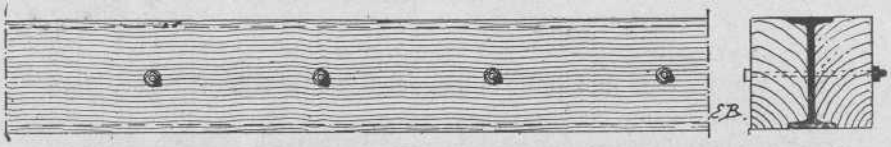
Acoplamientos diversos. — Se puede llegar a secciones más importantes reuniendo piezas de madera como se indica en las figu-

ras 161 y 162, yuxtaponiendo dos piezas en la parte inferior y recubriéndolas por un tablón de plano.



Figs. 161 a 164. — Acoplamientos diversos.

O también, componer la sección con cuatro piezas (figs. 163 y 164), afianzadas con pernos y provistas de llaves para evitar el deslizamiento.



Figs. 165 y 166. – Acoplamiento con madera y hierro.

Acoplamientos de madera y hierro.—Se obtiene también un buen resultado embutiendo un hierro perfilado entre dos piezas de madera y afianzando con pernos el conjunto (figs. 165 y 166).

CAPÍTULO II

Pies derechos

De un modo general, toda pieza de madera de cierta escuadría y colocada verticalmente es un poste o *pie derecho*.

Cuando, a consecuencia de las dimensiones de un vano a cubrir, el espacio entre los muros es demasiado considerable para ser franqueado por una viga sin recurrir a medios costosos, se divide la luz poniendo a lo largo de la viga o puente uno o varios pies derechos, soportes verticales que permiten disminuir considerablemente las dimensiones de la sección transversal de la viga.

El caso más sencillo es el que representamos en la figura 167, que viene a aliviar una viga.

La escuadría del pie derecho, a determinar en cada caso según su altura y la carga que debe soportar, varía ordinariamente de 0,15 × 0,15 a 0,30 × 0,30, y aun más, a veces.

Cuando el puente sostenido por el pie derecho es demasiado débil para su carga, se coloca sobre la cabeza de dicho pie derecho una zapata que aumenta la altura de la viga sobre una cierta longitud (fig. 168). Si esta zapata es larga, se puede sostener, para evitar flexiones, por tornapuntas análogos a los empleados en el siguiente ejemplo.

La zapata o ménsula se emplea también, y es entonces indispensable, cuando hay una junta de la viga sobre la cabeza del pie derecho.

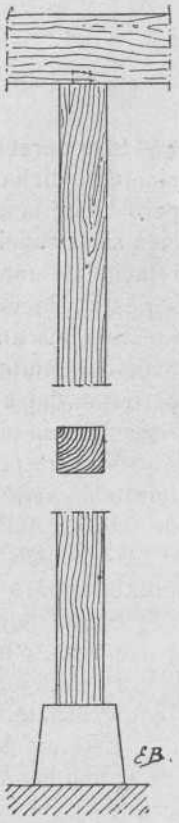


Fig. 167.
Pie derecho.

Se puede aliviar la viga por medio de tornapuntas, que refieren entonces al pie derecho parte de la carga (figura 169).

Si los tornapuntas tienen la misma escuadría que el pie derecho, se ensamblan con él a embarbillado con caja, espiga y clavija; si, por el contrario, son de sección menor, se procede al ensamblaje ya explicado en la figura 99.

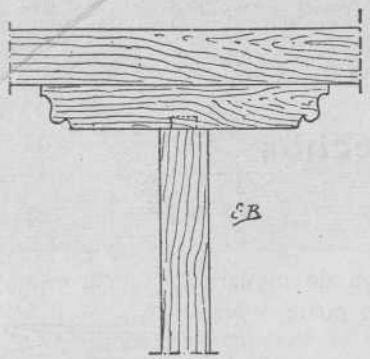


Fig. 168. – Ménsula.

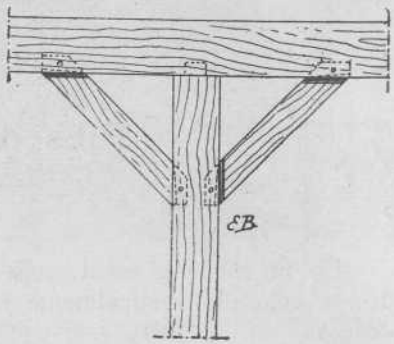


Fig. 169. – Tornapuntas.

Pies derechos compuestos. — Para resistir a la compresión propiamente dicha, basta que la sección presente la superficie necesaria; pero existe también el *pandeo,* o flexión lateral, y allí donde la sección sería suficiente para una pequeña altura del pie derecho, en la relación de uno a diez, por ejemplo, sería en absoluto insuficiente al ser esta relación superior.

Se buscan entonces las combinaciones que, sin emplear un exceso de material sobre el que basta para resistir al aplastamiento, permitan dar a la sección mayor ancho mínimo, y este objeto se consigue de una manera más o menos ingeniosa.

Nuestro primer ejemplo de este género (fig. 170) puede hallarse formado, según las necesidades de resistencia, por dos tablones de $0{,}075 \times 0{,}225$, cuyas aristas exteriores forman un cuadrado de $0{,}225 \times 0{,}225$, mediante la interposición de tacos de madera bastante próximos para anular las probabilidades de pandeo.

Según nuestro dibujo, la espiga superior puede hacerse en las tres piezas, o bien en el taco intermedio solamente.

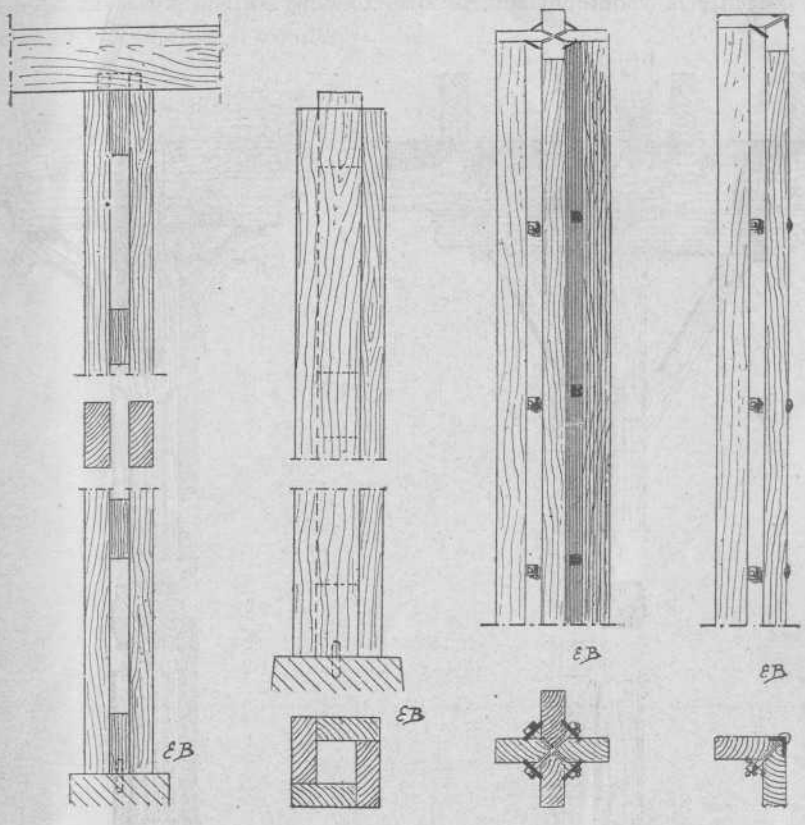
Puede recurrirse a la clavazón o a los pernos, según que la obra tenga carácter provisional o definitivo.

Este pie derecho puede componerse de dos tablones comerciales, como hemos dicho, o bien de piezas de cualquier sección, adecuadas para obtener una sección cuadrada por la interposición de los tacos.

Otra combinación consiste en el empleo de cuatro piezas de madera de sección rectangular reunidas entre sí como se indica en las figuras 171 y 172. La fijación de las piezas puede hacerse con

clavos o tornillos, y también por pernos colocados a la altura de cada taco.

La composición de los pies derechos que vamos a examinar ha sido imaginada por Oscar André, un constructor muy ingenioso, que



Figs. 170 a 176. — Pies derechos compuestos.

ha empleado para ello muy racionalmente, ya que no con economía, el hierro y la madera.

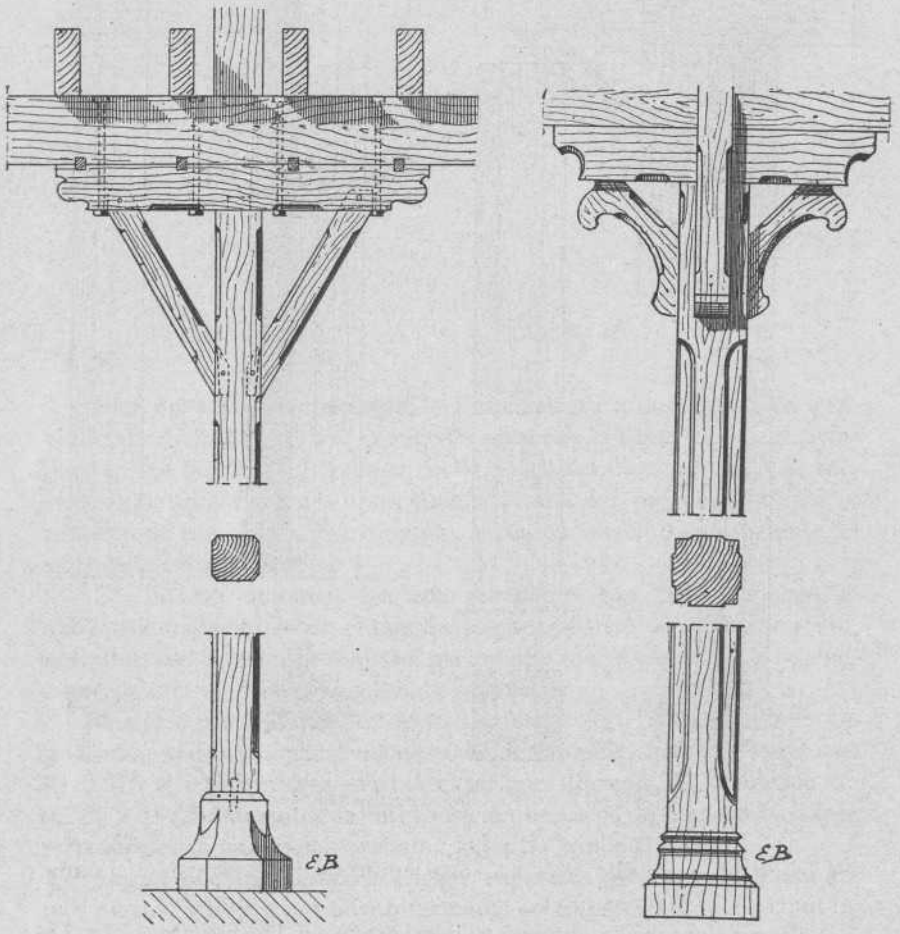
El pie derecho cruciforme representado en las figuras 173 y 174 es favorable a los ensamblajes metálicos de chapas sujetas con pernos.

Está formado por cuatro piezas de madera, tablones, por ejemplo, biselados a 45° por dos de sus caras y asegurados por pletinas embutidas en ranuras triangulares. El conjunto se fija con pernos.

El pie derecho en ángulo compuesto de dos piezas reunidas por un angular y una pletina asegurados con pernos (figs. 175 y 176) no ofrece gran seguridad desde el punto de vista de la rigidez del ángulo

recto, y no nos parece utilizable más que formando parte de un conjunto, en que otras piezas, ligadas con él, vengan a darle la solidez necesaria.

Pies derechos decorados. — Se puede ornamentar a poca costa la carpintería y obtener una decoración muy satisfactoria sin nece-



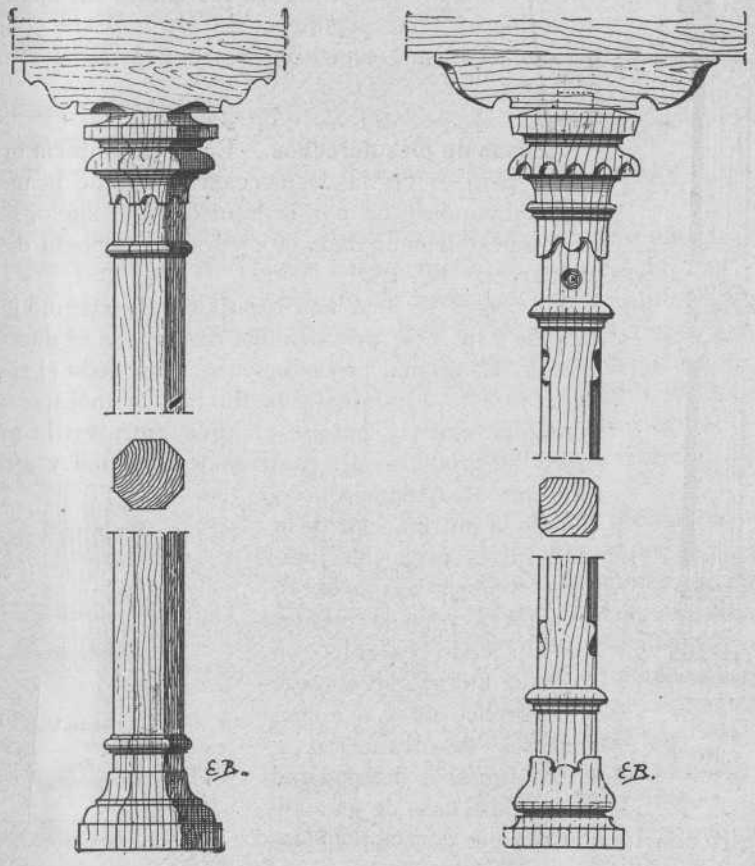
Figs. 177 y 178. — Pies derechos decorados.

sidad de emplear medios que reclamen una mano de obra considerable.

Para los pies derechos especialmente, se obtiene un buen resultado por el simple empleo de chaflanes y molduras. Un ejemplo es la figura 177, que nos presenta un pie derecho achaflanado con la zapata únicamente recortada en curva en sus extremos.

Más decorativo es el pie derecho de la figura 178, en el que hemos conservado a la madera su sección casi completa, con objeto de no debilitarla. El rebaje, en efecto, no pasa de 1 cm.

Este pie derecho sobrelleva una zapata consolidada por dos tornapuntas y, para todo movimiento en el sentido horizontal de la viga y la zapata, hay dos piezas verticales empernadas al pie derecho y formando horquilla.



Figs. 179 y 180. — Pies derechos decorados.

El pie derecho de la figura 179, de sección octogonal, conviene más para un lugar de gran circulación, pues su forma no presenta aristas hirientes.

Lo hemos provisto también de una zapata que es a la vez ornamental y útil, como hemos explicado al principio.

Capitel, basamento y astrágalo pueden sacarse de la masa, pero a costa de una gran pérdida de material y de un trabajo costoso.

Hemos estudiado, por tanto, estos detalles para ser superpuestos por simple ensamblaje a inglete.

Del mismo género, pero de una decoración diferente, es el pie derecho representado en la figura 180. El fuste, simplemente decorado con chaflanes de aristas perfiladas, y la basa, capitel y astrágalo superpuestos igualmente y con sólo cuatro ensambladuras de inglete.

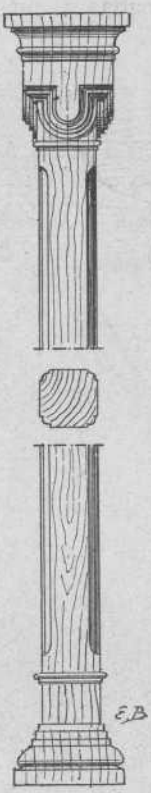


Fig. 181.
Pie derecho decorado.

Por último, con la figura 181 damos un ejemplo utilizable en una carpintería de estilo. Está concebido en el mismo espíritu constructivo que los precedentes.

Basas de pies derechos.—En la carpintería ordinaria, para evitar la destrucción rápida de la parte baja del pie derecho por la humedad del suelo, se le aísla de éste por un dado de piedra que soporta dicho pie derecho (fig. 182).

A veces se deja una espiga en el extremo inferior de éste y se practica una mortaja en el dado de piedra. Es un mal procedimiento, sobre todo si el pie derecho está expuesto a la lluvia o a mojarse por cualquier motivo, porque el agua entra en la mortaja y se producen alternativas de humedad y aireación que ocasionan en poco tiempo la putrefacción de la madera; es preferible limitarse a abrir agujeros en la madera y en la piedra, introduciendo en ellos un rejón de hierro galvanizado o de bronce de 2 a 3 centímetros de diámetro y 20 centímetros de longitud total. En el caso de temerse el giro o la torsión del pie derecho, bastaría poner dos rejones en lugar de uno.

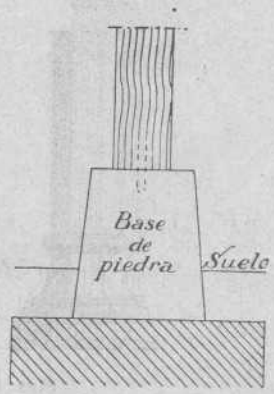


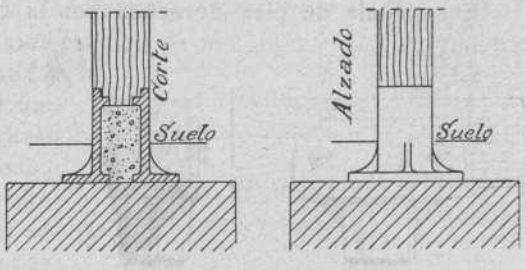
Fig. 182.
Basa de pie derecho.

Pero aun así, si se corta horizontalmente la cara inferior del pie derecho, hay probabilidad de que bajo él se conserve la humedad, y, para evitarlo, algunas veces se da una forma ligeramente piramidal a la parte del dado que recibe el pie derecho, y éste se ahueca de forma que se amolde o la piedra perfectamente. Así se elimina el agua en lo posible.

No han dejado de observarse los inconvenientes que presentan los dados en los locales usados como almacenes: un dado tiene siempre,

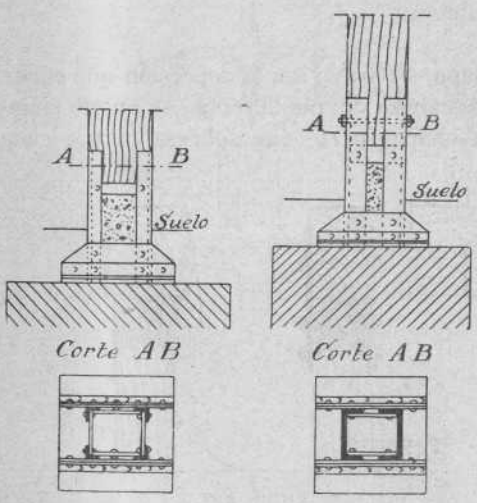
por lo menos, dos veces el grueso del pie derecho, por lo que, cuando se trata de mercancías apiladas, no se pueden aproximar a los pies derechos, o, si se hace, es a expensas de la verticalidad de las pilas, haciendo posible algún accidente.

Para evitar este defecto, hemos imaginado algunas basas metálicas que pasaremos a examinar.



Figs. 183 y 184. - Basa de fundición.

Basa de fundición. — Cuando se trata de un número considerable de pies derechos, se puede hacer la basa de fundición semejante a la indicada en las figuras 183 y 184. Hemos representado el pie derecho con espiga, pero para evitar el peligro de humedad de que antes hemos hablado, basta montarlo con rejón o bien invertir el sistema de nuestro dibujo, haciendo salir la espiga de la fundición misma y abrir la mortaja en el pie derecho.



Figs. 185 a 188. — Basas de hierro.

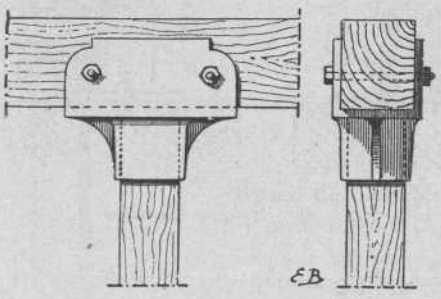
Basas de hierro. — Pero no siempre se cuenta con un número de pies derechos bastante considerable para justificar el coste de un modelo, y entonces se puede componer una basa muy buena con chapa y angulares (figuras 185 y 186).

Nuestro ejemplo se compone de una placa de asiento de palastro grueso, sobre la que van cuatro angulares verticales espaciados según las dimensiones del pie derecho, unidas entre sí por travesaños en la parte superior, y abajo por cartelas ensambladas a las placas de asiento por medio de angulares.

Cuando la escuadría de la madera se aproxima a las dimensiones de un hierro en **U** comercial, se puede emplear el sistema indicado en las figuras 187 y 188.

En los ejemplos de basa que acabamos de ver hemos sobrentendido siempre que el hueco bajo el pie derecho debía rellenarse con un buen hormigón de cemento y gravilla.

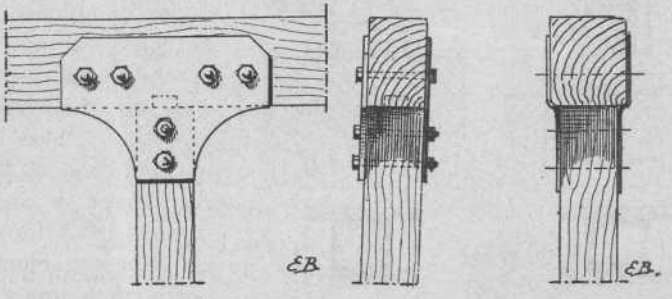
Ensamblaje de pies derechos por la cabeza. — El ensamblaje ordinario de caja y espiga no es siempre enteramente satisfactorio, y, además, el pie derecho fatiga mucho las fibras de la viga o durmiente en contacto, cuando la carga es considerable. Por estas razones, se ha tratado de encontrar procedimientos para evitar dichos inconvenientes.



Figs. 189 y 190.
Ensamblaje simple de fundición.

Ensamblaje simple de fundición. — El modelo de las figuras 189 y 190 cubre y protege la cabeza del pie derecho y forma un asiento excelente para la jácena, que al mismo tiempo se encuentra mantenida lateralmente.

Ensamblaje simple de chapa. — Para evitar la depresión que puede producir en la viga o jácena la cabeza del pie derecho, se puede siempre guarnecer ésta con una chapa fuerte que sobresalga por cada



Figs. 191 a 193. — Ensamblajes simples de chapa.

lado para proporcionar más superficie de apoyo. Puede bastar entonces con asegurar la junta entre dos planchas de palastro recortadas y sujetas con pernos, como se indica en las figuras 191 y 192. En este caso, es la jácena del mismo espesor que el pie derecho, pero si no fuera así y la jácena tuviese un ancho considerable, bastaría con doblar las chapas laterales, amoldándolas a aquélla, según se ve en la figura 193.

Por último, se pueden obtener las ventajas del ensamblaje de fundición, formando con chapa y angulares una unión conforme se representa en la figura 194.

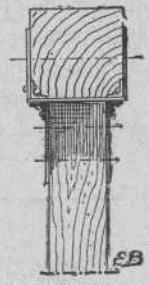
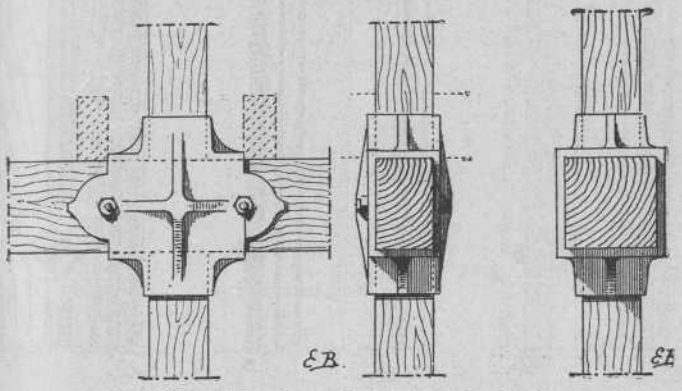


Fig. 194.—Ensamblaje con chapa y angulares.

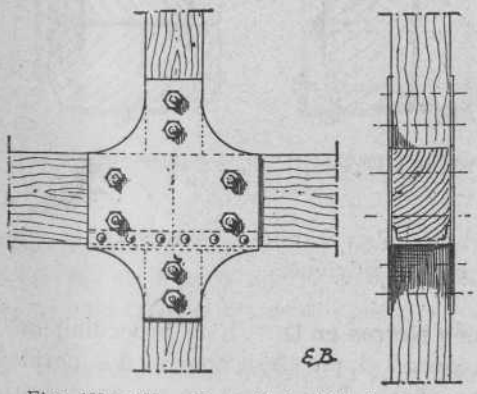
Ensamblaje doble de fundición. — Cuando el pie derecho inferior se continúa por otro en la parte superior, el ensamblaje se hace doble, como se ve en las figuras 195 y 196, reservándose arriba y abajo cojinetes para las cabezas de ambos postes.

La figura 197 representa la pieza de fundición adaptada al caso en que la jácena es más ancha que el pie derecho.

Ensamblaje doble de chapa. — Es el mismo sistema que el ejemplo de la figura 191, pero doble, para recibir los dos pies derechos.



Figs. 195 a 197. — Ensamblaje doble de fundición.



Figs. 198 y 199. — Ensamblaje doble de chapa.

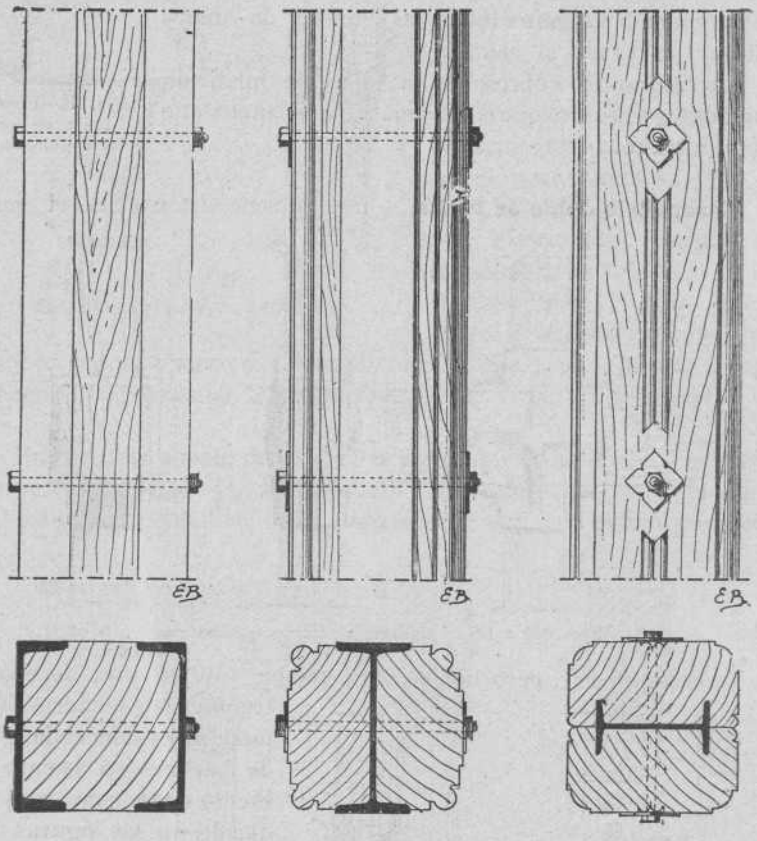
Cuando la escuadría de la madera es adecuada, puede hacerse un asiento de hierro en **U**, como está indicado en las figuras 198 y 199.

También se puede, según el grueso de las piezas, hacer estos ensamblajes según los procedimientos de las figuras 193 y 194.

Pies derechos de madera y hierro. — Ocurre a veces que se tiene necesidad de emplear la madera y que, al mismo

tiempo, este material no presenta la resistencia suficiente cuando una dimensión viene impuesta por consideraciones de aspecto. O también cuando, sin ser obligada determinada escuadría, no se dispone más que de elementos demasiado débiles.

En ambos casos, el hierro puede aportar a los constructores su precioso concurso y, según los casos que se presenten, se encontrarán



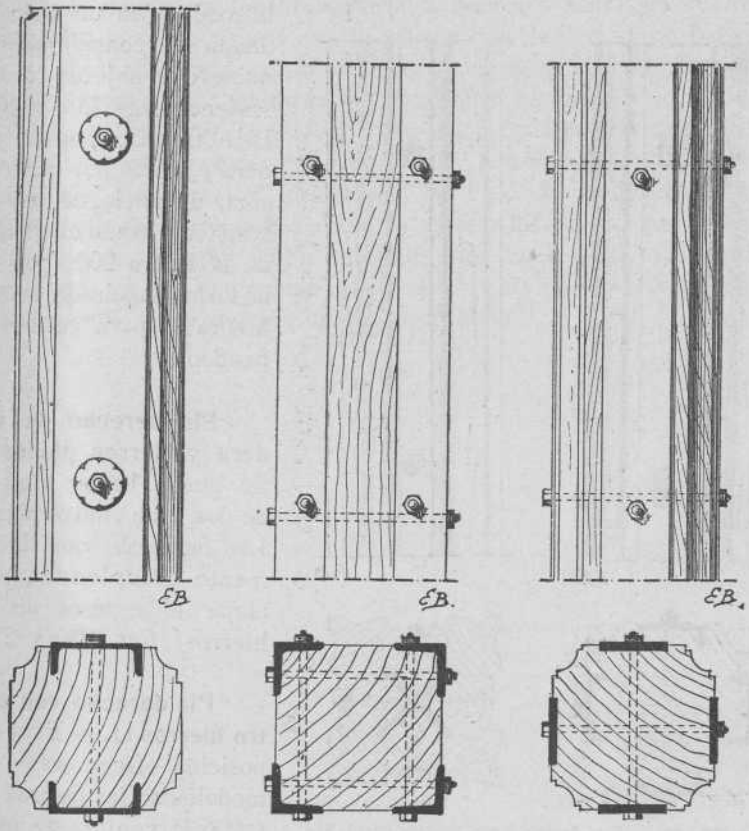
Figs. 200 a 205. — Pies derechos armados con hierros perfilados.

soluciones más o menos favorables que permitan compensar la falta de resistencia o la escasez de piezas suficientes.

Pie derecho de madera con hierros en U. — Este procedimiento, muy sencillo, consiste en flanquear el pie derecho con dos perfiles en **U** sujetos con pernos (figs. 200 y 201). Como se ve en nuestro dibujo, el pie derecho está rebajado en los ángulos para embutir las alas de los hierros.

Pie derecho de madera con hierro I o «doble T». — Está compuesto de dos piezas de madera que abrazan un hierro I, asegurándose con pernos (figs. 202 y 203). Este ejemplo permite ya constituir un pie derecho de gran sección con dos piezas de madera.

Si no se quiere que el hierro sea aparente, se puede proceder como indicamos en las figuras 204 y 205, abriendo ranuras en la



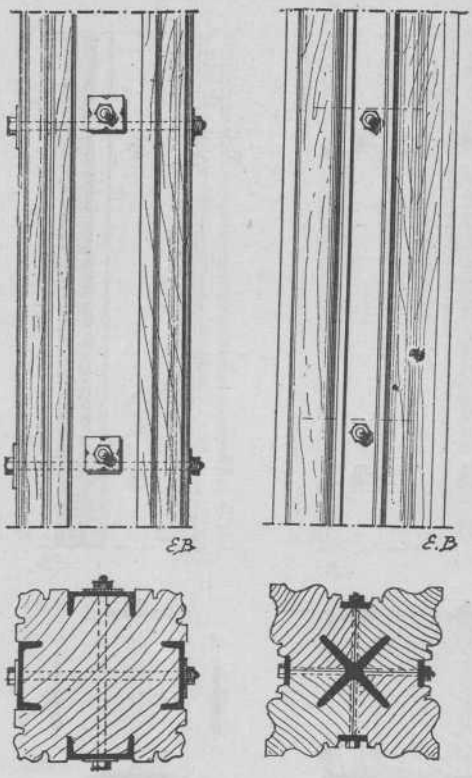
Figs. 206 a 211. — Pies derechos con hierros laminados.

madera para embutir las alas del hierro y labrando ligeramente las dos piezas en la parte que ha de ocupar el alma. Este pie derecho se hace, como el anterior, de dos piezas.

Pie derecho con perfiles ⊔ embutidos. — Puede hacerse en dos piezas con una junta media perpendicular a la mayor superficie del hierro, y también en cuatro piezas con otra junta perpendicular a la primera (figs. 206 y 207).

Ya se componga de dos o de cuatro piezas, se deben colocar a lo largo del pie derecho varios rejones de madera dura que impidan todo desplazamiento relativo.

Pie derecho con hierros angulares. — Este pie derecho puede asimismo estar formado por dos o cuatro piezas de madera. Conviene especialmente para el caso en que se desee proteger los ángulos de la madera en un almacén donde sea considerable el número de objetos duros a sostener (figs. 208 y 209). Bien trabado por la madera y sujeto por pernos a corta distancia, es casi tan resistente como el ejemplo de la figura 200, por ser la forma cuadrada la más favorable para resistir al pandeo.



Figs. 212 a 215. — Pies derechos con hierros perfilados.

Pie derecho de madera y hierros planos. — Se puede hacer también de dos y de cuatro piezas. Las maderas van ligeramente escopleadas para alojar el espesor de los hierros (figs. 210 y 211).

Pie derecho con cuatro hierros ⊔. — Esta disposición ofrece sobre los modelos de las figuras 202 y 206 la ventaja de tener las cuatro caras exactamente iguales y presentar fajas de metal que pueden fácilmente decorarse con rosetones de chapa a semejanza de la figura 204. También aquí puede constituirse el pie derecho por varias piezas (figs. 212 y 213).

Pie derecho con hierro en cruz y pletinas. — El perfil en cruz está destinado principalmente a un trabajo de compresión; bien sostenido por la madera, que se oprime contra él por las cuatro pletinas, constituye con los otros elementos un soporte muy bueno (figuras 214 y 215).

Con los ejemplos 173 y 175, dados precedentemente, hemos visto

ya lo que puede obtenerse de la reunión de los dos materiales, madera y hierro.

La posibilidad de construir casi todos nuestros tipos en dos o cuatro piezas es favorable en el sentido de que, estando compuesto el pie derecho por varios elementos, éstos se contrarían mutuamente en los movimientos debidos a la desecación, y así se encuentran anuladas o muy disminuídas las probabilidades de deformación o de torsión.

En la reunión de los dos materiales debemos tener en cuenta la desecación y, por consiguiente, la contracción de la madera. No siempre se dispone de maderas absolutamente secas y, si se empleara una sujeción invariable, resultaría que la madera, al contraerse, perdería el contacto con el hierro y todo el sistema estaría comprometido.

Para prevenir este peligro, hemos combinado todas nuestras armaduras metálicas de forma que, en caso de contracción de la madera, sea siempre posible volver a apretar los pernos, por la acción de las tuercas. Es, por tanto, indispensable, como para toda obra de carpintería en que se emplean los pernos, observarlos con frecuencia y procurar que estén siempre apretados a fondo.

CAPÍTULO III

Entramados de madera

Se da el nombre de *entramado de madera* a una obra de carpintería que forma una especie de muro con armazón de madera, situado ya al exterior, donde puede constituir fachada, ya en el interior, como muro de carga.

De una manera general, la calificación *entramado de madera* puede aplicarse a cualquier construcción de madera, haciendo las veces de un muro vertical de mampostería y cuya función es cerrar o constituir paredes.

Entramados exteriores

Entramados cerrados con tablas. — Un entramado de los más sencillos puede estar constituído por pies derechos, carreras y travesaños, sobre los cuales se fijan las tablas.

En este primer ejemplo, no tendremos que ocuparnos mucho en la armadura, que se compone de pies derechos de 0,16 a 0,20 de lado; de una carrera de la misma fuerza, soportando el suelo, y de riostras de 0,14 × 0,14 ó 0,16 × 0,16; es decir, la estructura ordinaria de un cobertizo.

Para fijar la pared de tablas, se ha añadido a la armadura una *sobrecarrera* de 0,14 × 0,16, colocada de plano; montantes y travesaños de la misma fuerza, y dispuesto todo para enrasar con los pies derechos o postes por el exterior (fig. 216).

Las paredes pueden hacerse de distintas maneras, que vamos a examinar:

1.ª Por tablas verticales con cubrejuntas (fig. 217). Es la que indicamos a la izquierda de la figura 216.

Estas tablas, de 0,025 ó 0,037 de espesor, pueden ser de un ancho cualquiera, 0,22, generalmente, y se colocan clavadas sobre las carreras y travesaños. Para tener en cuenta el defecto que tiene la madera de hincharse con la humedad, se reserva entre cada dos tablas

un espacio libre para dejar juego a la madera según las variaciones higrométricas de la atmósfera.

Para calafatear estos pequeños claros entre las tablas, e impedir

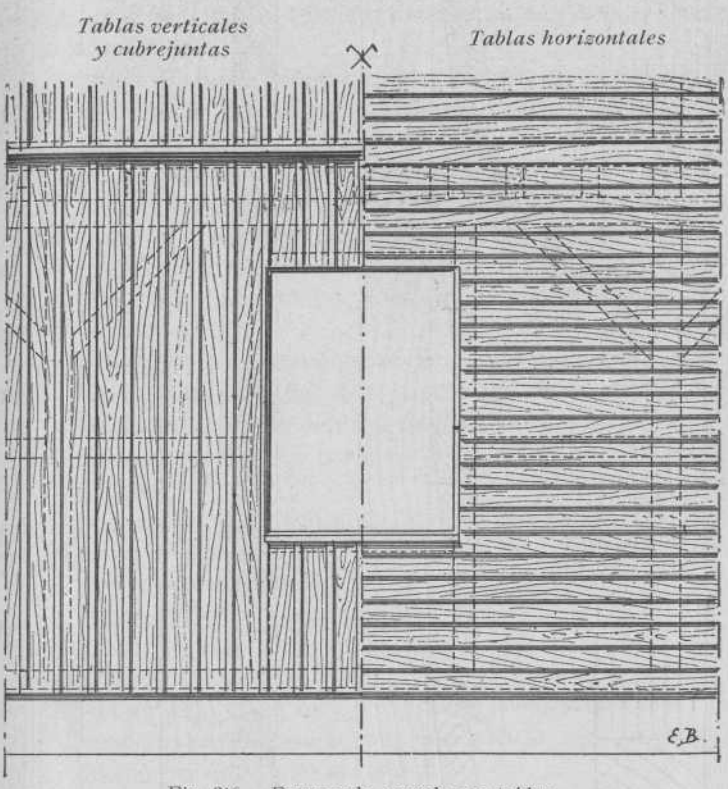


Fig. 216. – Entramado cerrado con tablas.

la entrada al aire y a la lluvia, se coloca sobre las juntas un listón plano, llamado cubrejunta, de 0,11 × 0,05.

Este cubrejunta se fija por un lado solamente, de modo que permita los movimientos de la madera, porque si se clavase por los dos

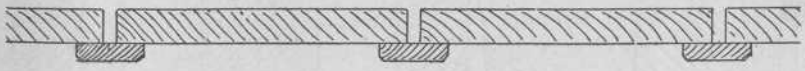
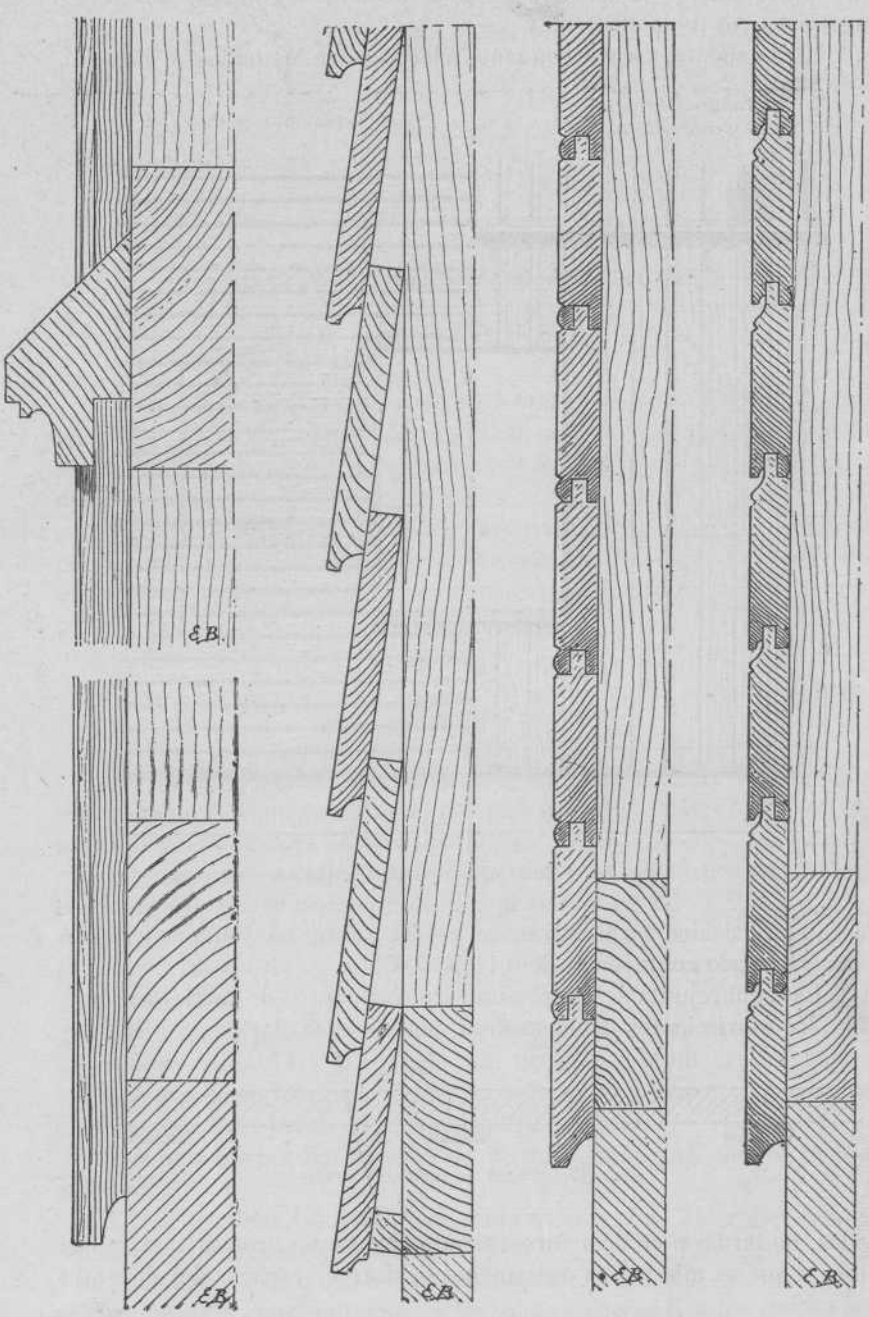


Fig. 217. – Pared de tablas verticales.

lados, no tardaría en destruirse, siendo, por tanto, preciso que quede libre y que su misión sea únicamente ocultar el espacio dejado entre las tablas.

Las juntas horizontales de éstas deben, naturalmente, encontrarse sobre un travesaño. A veces, se clavan las tablas a tope por sus extre-



Figs. 218 a 222. — Juntas de tablas.

mos, sin preocuparse del agua que pueda penetrar por las juntas; pero es preferible tomar algunas precauciones contra la entrada del agua, y para esto puede recurrirse a un procedimiento por el orden del que representamos en la figura 218, consistente en un perfil de bisel a 45° con ranura inferior.

Las tablas inferiores vienen a introducirse en el espacio dejado entre la moldura y la carrera, quedando protegidas así contra la entrada del agua; las de la parte superior se cortan en pico de flauta según la inclinación del bisel y las aguas derraman hacia afuera.

Para la parte inferior, se puede obtener un pequeño goterón continuo abriendo en el extremo de las tablas una pequeña acanaladura, como se ve en la figura 219.

2.ª Por tablas horizontales, conforme se indica en la mitad derecha de la figura 216.

Se puede proceder por recubrimiento, formando imbricaciones las planchas unas sobre otras (fig. 220). Como se ve en nuestro dibujo, hemos provisto a cada tabla de un pequeño goterón: esto no se hace, de ordinario, en esta clase de paredes, pero seguramente se reconocerá su utilidad.

3.ª Por tablas machihembradas con cubrejuntas para disimular las contracciones de la madera (figs. 221 y 222).

Van indicadas dos especies de baquetillas o molduras cubrejuntas: la empleada generalmente (fig. 221), en la que se ve inmediatamente la contracción producida, y el procedimiento de la figura 222, que hemos imaginado para evitar la entrada del agua, arrojándola hacia afuera por un goterón y, por otra parte, para hacer invisible la contracción de la madera, puesto que únicamente podría ser advertida si la lengüeta saliese por entero de la ranura.

Entramados forjados. — De un modo general, los entramados de madera, ya sean exteriores o interiores, se establecen, en la planta baja, sobre un murete de medio metro a un metro de altura, según los materiales empleados y la naturaleza del suelo, con objeto de preservar las maderas contra la destrucción por la humedad.

Abordamos así los verdaderos entramados de madera, es decir, las obras de carpintería esencialmente compuestas de piezas horizontales llamadas *carreras* y *dinteles;* de piezas verticales llamadas *pies derechos, virotillos* y *pilarejos;* de piezas oblicuas denominadas *riostras, tornapuntas* y *cruces de San Andrés.*

Comprenden aún otras varias piezas los entramados de madera: como piezas horizontales, las *peanas;* entre las verticales, los *pies derechos de puerta* o *de lección,* colocados en las jambas de las puertas o ventanas; los *cornijales*, que forman la esquina de dos entramados o que, en una fachada, se encuentran en la unión con un entramado interior.

Tendremos oportunamente lugar de revisar estas diferentes piezas con ocasión de los ejemplos que siguen.

La figura 223 nos muestra un conjunto que presenta ejemplos de los diferentes elementos componentes de este género de obras.

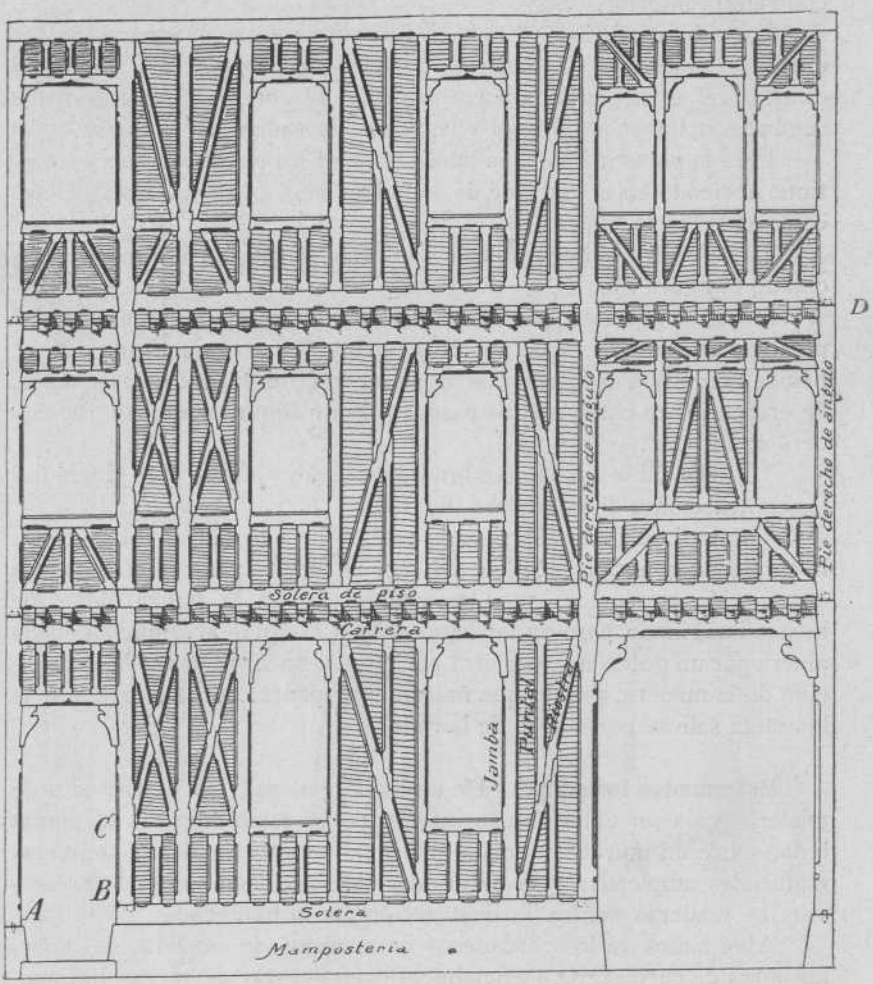


Fig. 223. — Fachada de entramado.

Conforme hemos dicho, para prevenir los efectos desastrosos de la humedad, este entramado se asienta sobre una mampostería que lo aísla del suelo.

Inmediatamente sobre esta mampostería reposa la carrera inferior o *solera,* sobre la cual van ensamblados a caja y espiga los pies derechos, riostras, virotillos y pilarejos que forman el entramado de la planta baja.

Estas piezas, que reciben las peanas y dinteles, van coronadas por una pieza horizontal llamada *carrera superior*, o simplemente carrera, sobre la que vienen a insistir las viguetas. Encima de las cabezas de éstas se coloca la *sobrecarrera*, y el mismo sistema se repite en cada uno de los pisos sucesivos.

Las dimensiones de las maderas variarán, naturalmente, según su destino y el número de pisos. Se darán aquí, no obstante, algunas indicaciones referentes a las maderas empleadas en el caso que nos ocupa:

Carreras superiores e inferiores, 0,22×0,22; cornijales, 0,22×0,22 y 0,25 × 0,22; pies derechos de puerta y de relleno, 0,18 × 0,22; rios-

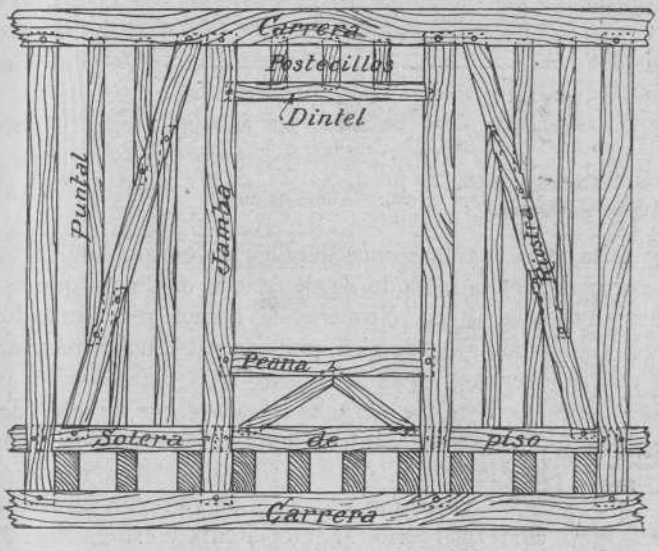


Fig. 224. — Entramado.

tras y cruces de San Andrés, 0,18 × 0,20; virotillos, 0,16 × 0,20; pilarejos, 0,11 × 0,20.

Para mejor fijar el número de piezas que componen un entramado de madera, damos el detalle en la figura 224, sobre la cual indicamos las diversas denominaciones.

Algunas partes constituyen verdaderas vigas armadas, como sucede con la que se encuentra sobre la gran puerta y que representamos a mayor escala en la figura 225. Se ve que esta pieza se encuentra cargada en dos puntos por el macizo superior; para referir las cargas a los puntos de apoyo, se han dispuesto una *sopanda* y dos *jabalcones* ensamblados encima de la sobrecarrera, y el dintel o *cabecero* no tiene así que soportar más que las viguetas.

Frecuentemente se utiliza la extremidad de las viguetas para conseguir un motivo de decoración; basta perfilarlas como se repre-

senta en la figura 226 para obtener la línea movida que se observa en el conjunto (fig. 223).

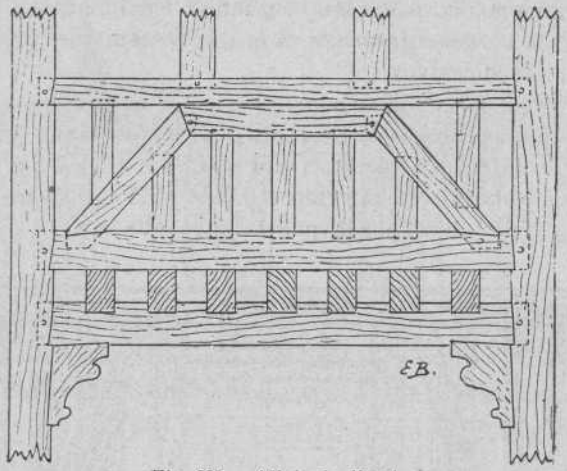


Fig. 225. — Alivio de dintel.

Nos falta mencionar algunos detalles de ensamblaje.

El cornijal parte a menudo desde abajo, es decir, que es de una sola pieza en toda su altura. Nosotros lo hemos representado empalmado en cada piso, por ser así mucho más sencilla la erección.

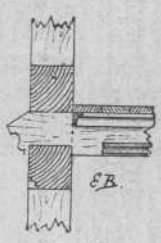
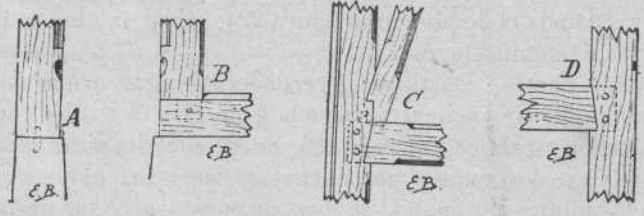


Fig. 226.
Extremo de viga.

Este pie derecho reposa sobre un dado de piedra dura y está mantenido en su lugar por un rejón metálico (fig. 227).

La ensambladura del pie derecho siguiente con la carrera inferior se hace a caja y espiga (fig. 228). La espiga no ocupa todo el ancho de la pieza, sino únicamente las tres quintas partes, más o menos.

La figura 229 muestra la ensambladura de una traviesa y una riostra sobre un pie derecho.



Figs. 227 a 230. — Detalles A, B, C, D de la figura 223.

La ensambladura de una carrera sobre un pie derecho se efectúa a caja y espiga, según se ha trazado en la figura 230.

En los sitios en que las viguetas no fuesen perpendiculares al entramado, no habría necesidad de la sobrecarrera, y entonces los virotillos se ensamblarían a caja y espiga, como se indica en la figura 231.

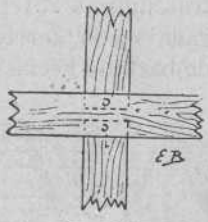


Fig. 231.
Unión de los virotillos a la carrera.

Los huecos que quedan entre las piezas componentes del entramado se rellenan con cascotes, yesones o ladrillos, tomados con yeso o mortero de cal y se enluce la cara interior. Por el exterior, algunos entramados van completamente enlucidos, pero a veces se dejan las maderas aparentes, y el relleno mamposteado queda de 2 a 3 centímetros retirado de la superficie de las maderas. Así ocurre en nuestro ejemplo de la figura 223.

Hemos indicado el ensamblaje de los virotillos sobre las riostras por caja y espiga con embarbillado, pero esto tiene el inconveniente de obligar a que estas piezas secundarias sean colocadas al mismo tiempo que se hace el montaje de la armadura. Preferible es algunas veces

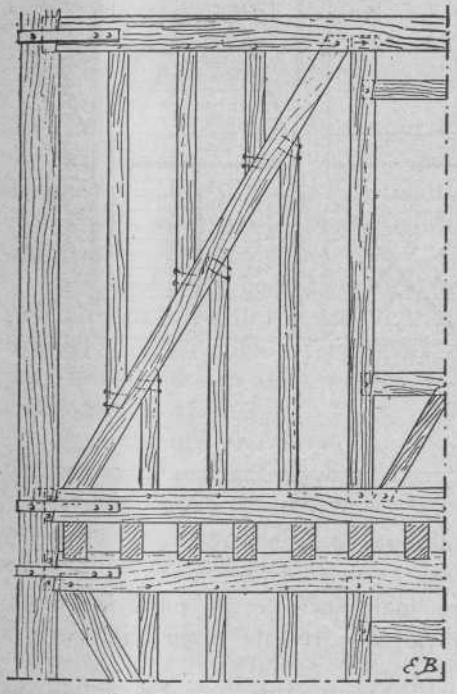


Fig. 232. — Virotillos clavados.

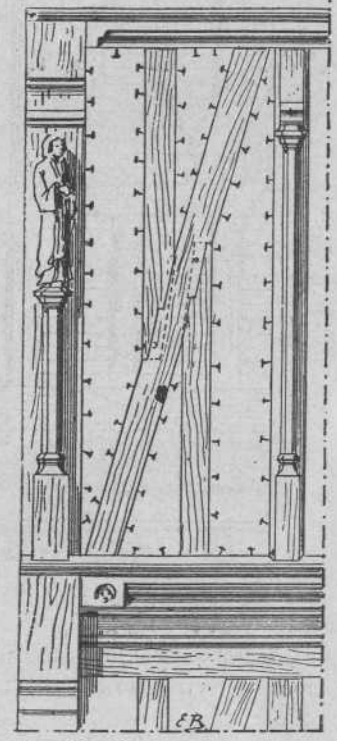
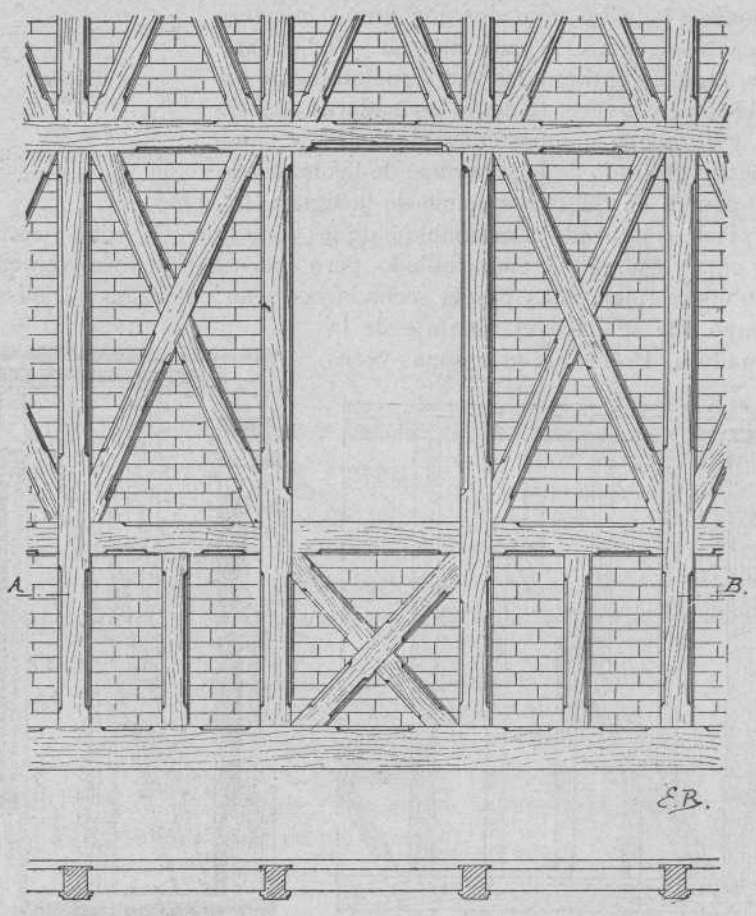


Fig. 233. — Entramado con clavos.

cortar estos virotillos en pico de flauta y clavarlos sobre la riostra o jabalcón. De este modo, pueden colocarse en cualquier momento (figura 232).

Se puede también suprimir la caja y la espiga y limitarse a un simple embarbillado, como se podrá ver más adelante, en nuestras figuras 251 a 254; encajado el virotillo en la mortaja practicada en la carrera, se empuja lateralmente contra la entalladura de barbilla hecha en la riostra y se fija con un clavo.



Figs. 234 y 235. — Entramado relleno de ladrillo.

Este procedimiento no es malo, pero exige para la colocación del virotillo un cierto juego que resulta perjudicial para la solidez.

Cuando se deja aparente la madera, basta frecuentemente con unir a ella el relleno por medio de clavos de barquilla, clavados a las caras laterales de las piezas, como se indica en la figura 233.

Se hacen muchos entramados aparèntes con relleno de ladrillos, también aparentes. Puede emplearse este sistema para las construc-

ciones muy resistentes, lo mismo que para construcciones ligeras: es sólo una cuestión de dimensiones de las maderas a determinar en cada caso particular.

Para construcciones ligeras, rellenas con ladrillos enlucidos interiormente, se pueden emplear maderas de pequeña escuadría que

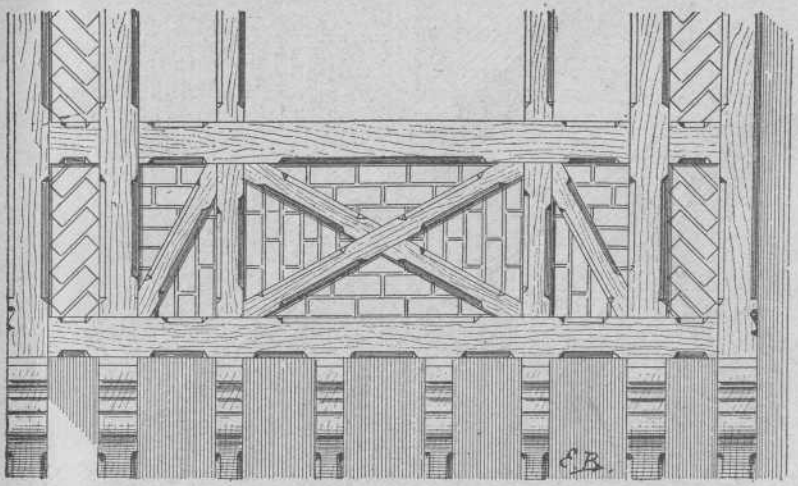


Fig. 236. — Entramado con forjado de ladrillo.

formen un saliente de 2 ó 3 centímetros sobre el ladrillo. Se puede asimismo completar la decoración por medio de chaflanes, como muestra nuestro dibujo (figs. 234 y 235).

Desde el punto de vista decorativo, el ladrillo presenta un recurso precioso por permitir juegos de aparejo y de color muy propios para ornamentar el aspecto del conjunto (fig. 236).

Este dibujo representa la parte baja de una galería o *vérandah* en voladizo, soportada por ménsulas (fig. 237). Como se ve, la madera forma un saliente notable sobre el ladrillo, lo que ha permitido dar a los chaflanes una importancia mayor que en los casos ordinarios.

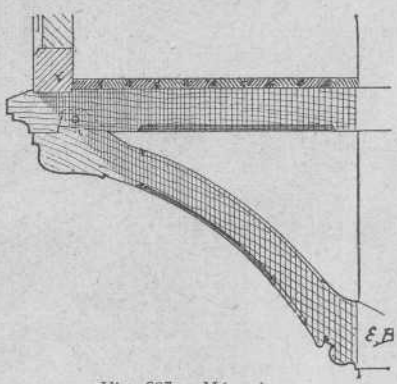


Fig. 237. — Ménsula.

Entramados en voladizo. — Antiguamente, los pisos sucesivos de los entramados verticales formaban saliente unos sobre otros, con objeto de protegerse de las aguas pluviales, a excepción, natural-

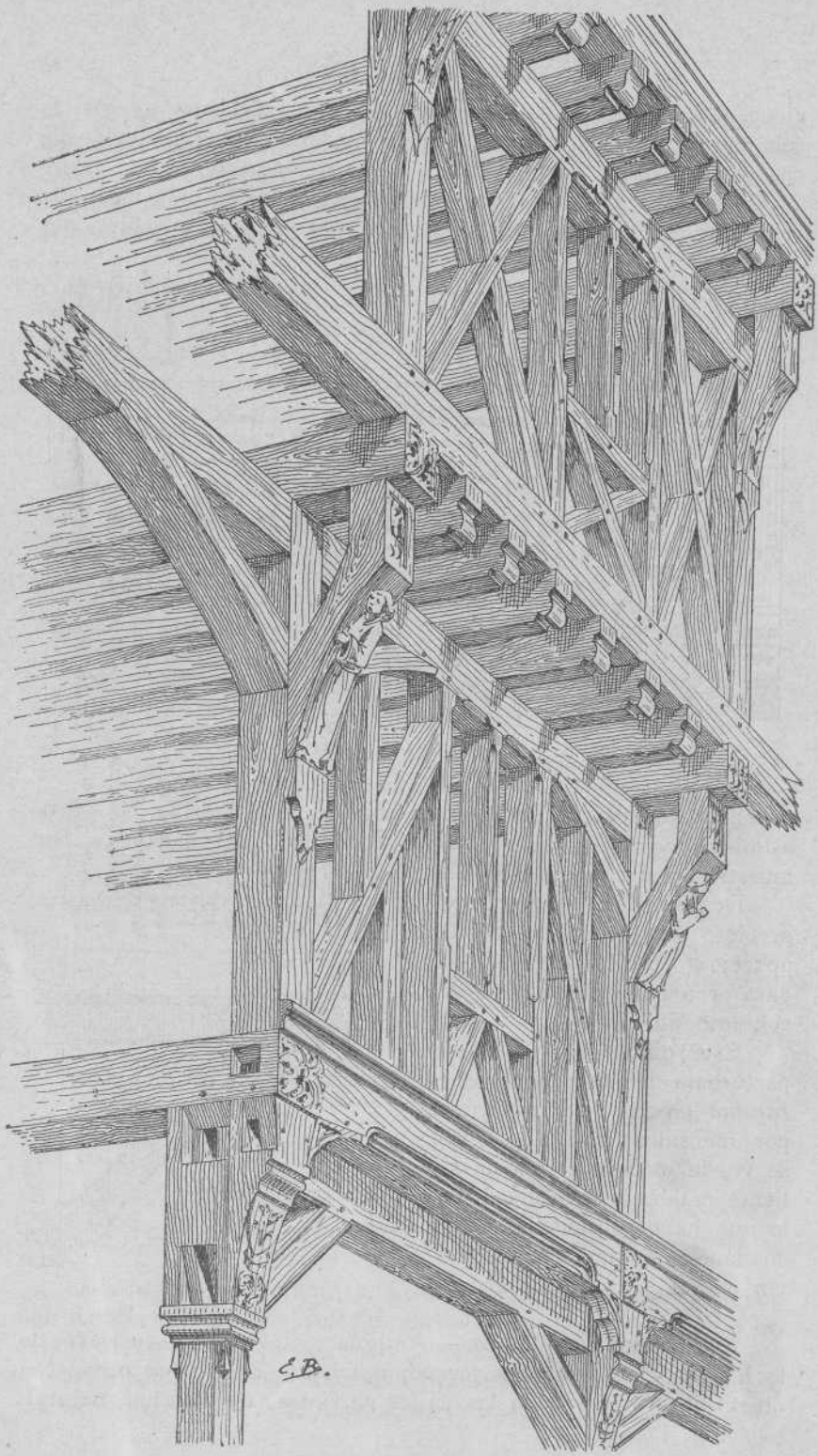


Fig. 238. — Entramado en voladizo.

mente, del último piso, que sólo podía resguardarse por la saliente del tejado.

Estos salientes formados por los pisos sucesivos, no solamente abrigaban de la lluvia a los pisos inferiores, sino que al mismo tiempo les privaban mucho de luz; y si se considera, además, que las fachadas de este género estaban establecidas en calles muy estrechas, se comprenderá que, generalmente, no penetraría mucho sol en el interior de las casas.

Actualmente, los entramados verticales de madera no se emplean en las calles de las poblaciones y tampoco los voladizos continuos,

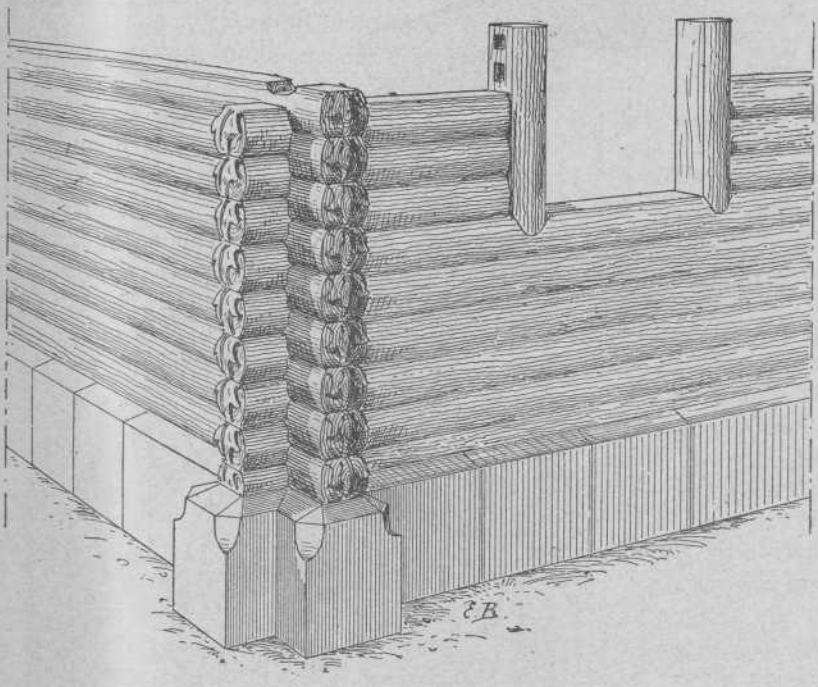


Fig. 239. — Entramado lleno, de maderos redondos.

pero esto no impide que puedan utilizarse en otra parte, sirviendo para erigir encantadoras construcciones.

La construcción propiamente dicha no difiere de lo que ya hemos visto; el voladizo puede ir sobre vigas y sobre las viguetas, como se indica en la figura 238, dibujo ampliado de Viollet-le-Duc; o bien, soportado por durmientes que llevan al mismo tiempo viguetas paralelas a la fachada.

Entramados de madera llenos. — En los países en que la madera es abundante y barata se hacen entramados de madera llenos, com-

puestos de rollizos rectificados parcialmente en las caras o lechos de contacto y ensamblados a media madera.

Uno de los entramados comienza por una media madera, y el otro, perpendicular al primero, por una madera entera. Los lechos sucesivos van unidos entre sí por clavijas, especie de rejones perdidos en la junta (figura 239).

Para evitar una destrucción rápida, esta clase de entramado va establecido sobre una mampostería que le aísla del suelo.

Las escopleaduras hechas por encima y por debajo de las piezas son iguales a un cuarto de la altura de la madera, y el corte cur-

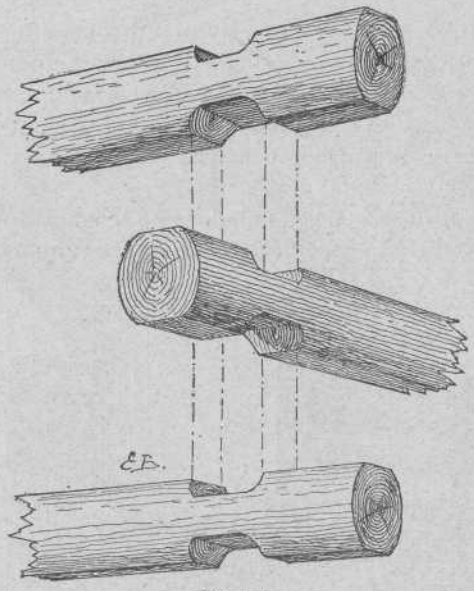


Fig. 240.
Detalle de la ensambladura de maderos redondos.

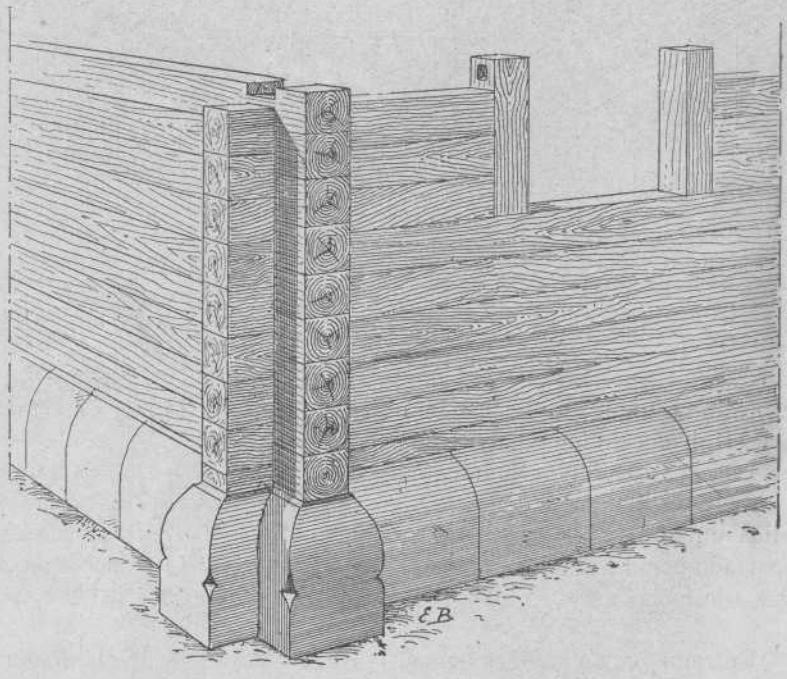


Fig. 241. — Entramado lleno, de maderos escuadrados.

vilíneo se hace según la forma del rollizo que viene a unirse en escuadra (fig. 240).

Se hacen también entramados llenos con piezas escuadradas y entalladas a media madera, como en el ejemplo precedente (fig. 241).

La figura 242 indica las escopleaduras. En lugar de hacerse éstas dobles, como indicamos, puede ser suficiente para los ángulos hacer escopleaduras simples a media madera, semicilíndricas para el primer ejemplo y rectangulares para el segundo. Esto sería menos complicado en lo que respecta a la mano de obra.

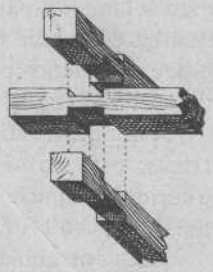


Fig. 242.—Detalle de la ensambladura de maderos escuadrados.

Este género de construcción se presta mucho a formar ménsulas sobre los ángulos y los encuentros; no hay más que dejar, a partir de la altura conveniente, que cada punta de madero sobrepase un poco la precedente. Se puede obtener así una ménsula muy robusta, de forma recta o curva.

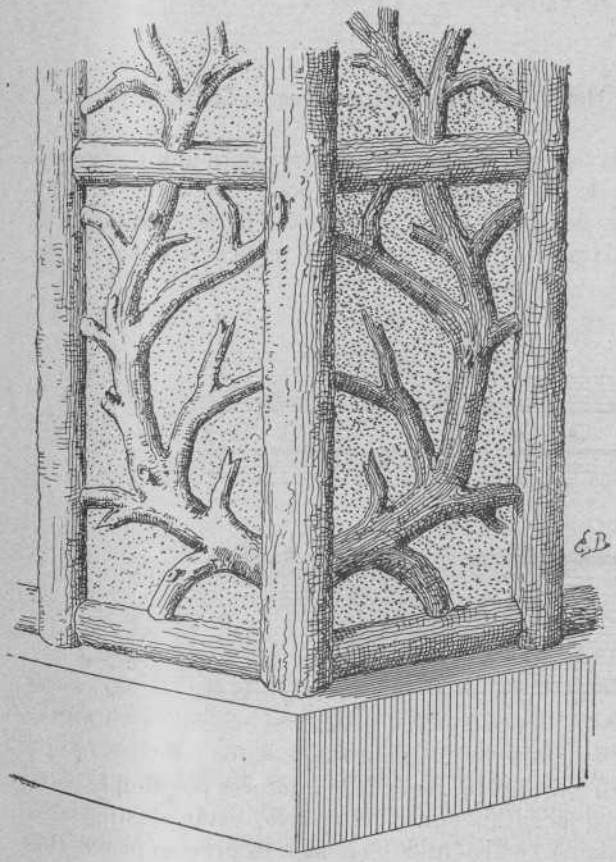


Fig. 243. — Entramado rústico.

Nada impediría, para evitar el paso del aire por las juntas, intercalar entre las piezas una lengüeta postiza que se alojaría en ranuras previamente hechas en las piezas escuadradas.

En el interior, estos entramados pueden ir enlatados y enlucidos, pero opinamos que lo mejor es sencillamente un revestimiento de tablas con cubrejuntas.

Entramado rústico.—Esta clase de entramados se hace con maderas en bruto, es decir, sin más trabajo que el de quitar las ramas, y esto solamente para las piezas gruesas que forman la armadura, porque las piezas de relleno se dejan con todas las ramas comprendidas entre dos planos paralelos, limitándose a cortar las que tienen otras direcciones (fig. 243).

En nuestro dibujo figuran ramas de relleno absolutamente simétricas; esto no se encontraría en la naturaleza, y solamente hemos querido significar que es preciso, por una selección, aparejar del modo más artístico las ramas destinadas a formar contraste.

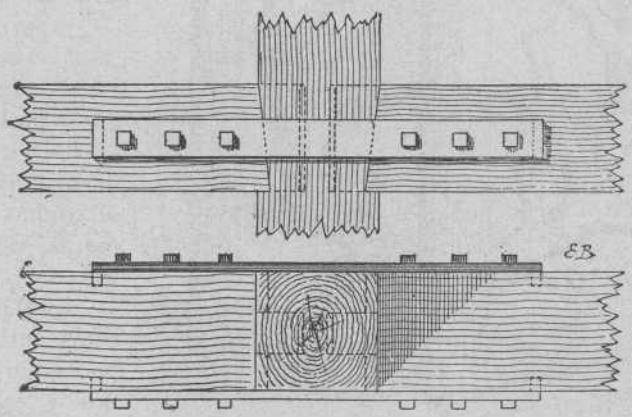
Los entramados rústicos van forjados generalmente con yesones y yeso o con pequeños cascotes y mortero. El saliente que forman las maderas es ordinariamente de la mitad de su diámetro, y los enlucidos exteriores van pintados por lo general.

No será necesario decir nada referente a las ensambladuras, que pueden hacerse a caja y espiga, pero lo más frecuente es fijar entre sí las piezas por medio de clavos.

Herrajes de los entramados

Brida.—La brida es un hierro plano que sirve para unir dos piezas contiguas por medio de clavos, tornillos o pernos.

Se hacen bridas de hierro plano de 40 × 7 a 60 × 9 milímetros; cuando las piezas enlazadas por ellas no tienen tendencia a separarse



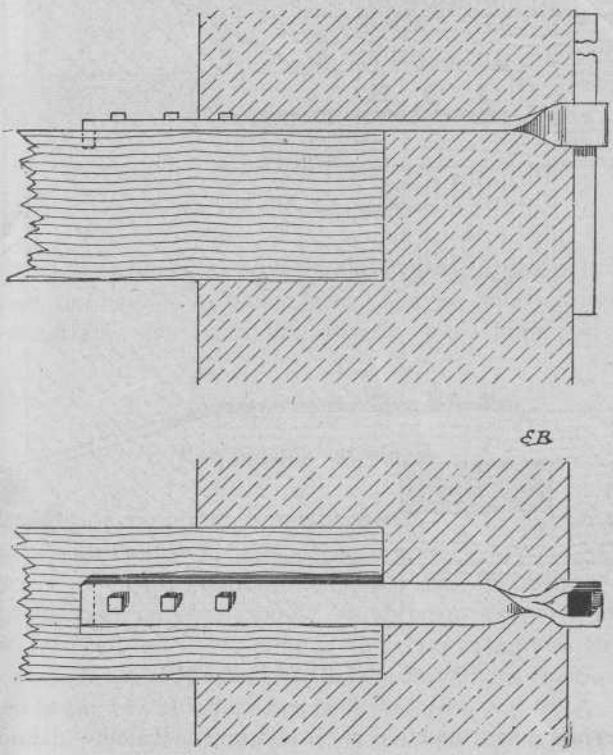
Figs. 244 y 245. — Brida.

en el sentido paralelo a dichas bridas, pueden hacerse por simple corte a la medida necesaria; pero si, por el contrario, están destinadas a impedir todo movimiento en el sentido indicado, es preciso proveerlas de talones en sus extremos (figs. 244 y 245).

En la planta se indica por líneas de puntos un talón en cada extremidad de la brida; estos dos talones penetran en la madera, donde se ha preparado una pequeña mortaja para recibir a cada uno.

La longitud de las bridas es variable entre 50 y 60 centímetros, para piezas unidas a tope; pero si existe una pieza interpuesta, como ocurre en la figura 244, la longitud puede aumentarse hasta los 70 u 80 centímetros.

Tirante de amarre.—Las piezas principales de los entramados, tales como las carreras, van unidas a los muros piñones por *anclas* o *amarras* (figuras 246 y 247).

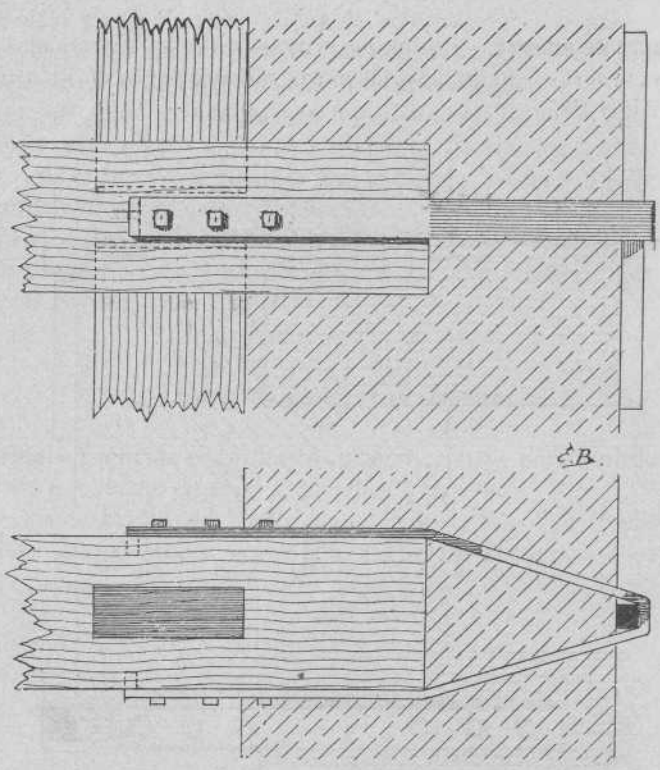


Figs. 246 y 247. – Tirante de amarre.

Cuando en un entramado no se tiene un pie derecho adosado al muro, puede fijarse el tirante sobre la cara superior de la carrera, conforme se indica. Este tirante está provisto de un talón que penetra en la madera; y en la extremidad opuesta lleva un ojo, obtenido por torsión y soldadura, por el que pasa un ancla o llave de cuadradillo o redondo de 25 a 30 milímetros y 50 centímetros de longitud aproximadamente. La sección del tirante varía de 40 × 9 a 50 × 9 milímetros, y la longitud total de 50 a 70 centímetros.

El tirante se emplea también en forma de estribo; no tiene en este caso más trabajo de forja que los codos (figs. 248 y 249).

En los dos ejemplos que acabamos de examinar hemos supuesto una casa aislada comprendiendo piñones de mampostería en los cuales las anclas pudieran ser aparentes en caso necesario y hasta ornamentadas. Pero en otros casos, el ancla se encuentra empotrada en la



Figs. 248 y 249. — Estribo de amarre.

mampostería y aun situada en el eje del muro. En este último caso, el tirante de amarre es de longitud bastante menor.

Para las amarras no aparentes, se hacen de hierro cuadrado las que se empotran en la mampostería ordinaria y de hierro redondo las que van en la sillería.

Brida acodillada.—Una brida acodillada es un hierro plano doblado en escuadra y provisto de un talón en cada extremo (fig. 250).

Lo mismo que las bridas rectas y los tirantes de amarre, se fijan a la madera con clavos, tornillos o tirafondos, en número de tres, por lo general.

Escuadras. — Para fijar el ángulo de dos piezas situadas en el mismo plano, se emplea a veces una escuadra corriente, en pletina de 40 × 7 a 60 × 9. Estas escuadras van a veces provistas de talones;

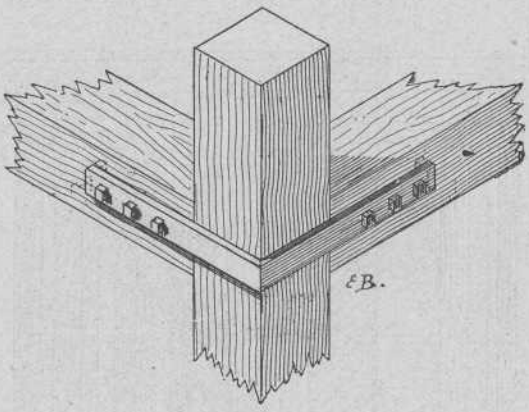


Fig. 250. - Brida acodillada.

pero, teniendo en cuenta el sentido del trabajo que se les impone, estos talones no parecen indispensables. Llevan abiertos agujeros en toda su longitud, aun cerca del ángulo, y se fijan por clavos o tornillos.

Entramados interiores

Entramado de viguetas perpendiculares. — Los entramados interiores van siempre enlucidos por las dos caras.

No difieren sensiblemente de los exteriores, no obstante lo cual, se suprime la sobrecarrera cuando el viguerío es perpendicular al entramado, porque se estaría obligado a cortar esta pieza en el hueco de las puertas, resultando más sencillo ensamblar las riostras y virotillos sobre la carrera alta del entramado inferior (fig. 251).

Sin embargo, otras veces se emplea la sobrecarrera parcial; entonces se fija debidamente a los pies derechos y aun a las viguetas si es necesario.

Entramado de viguetas paralelas.—Cuando es mínima la longitud del entramado y, por el contrario, la distancia hasta el siguiente entramado es considerable, puede ser ventajoso colocar las viguetas empotradas en los muros y paralelamente al entramado de madera.

Es el caso representado en las figuras 252 y 253. Aquí la sobrecarrera está prácticamente constituída por el viguerío que encepa los pies derechos y virotillos.

Entramado con viga maestra. — Puede ocurrir que la separación de los muros y la distancia entre los entramados de madera sean a un mismo tiempo demasiado importantes para que las viguetas puedan franquear uno u otro espacio. Entonces se corta en dos la luz por una

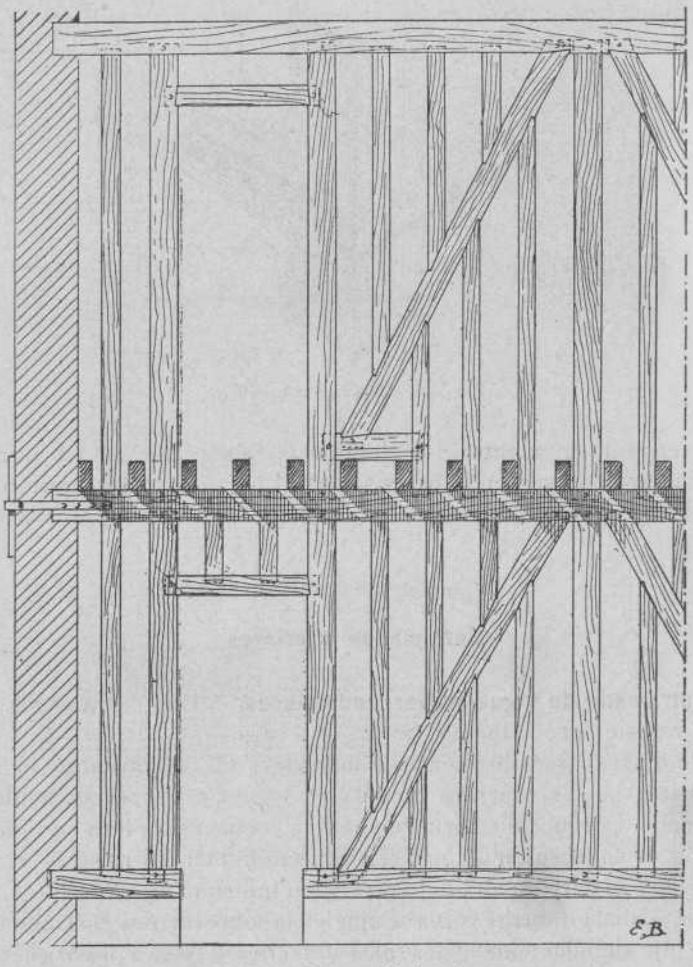


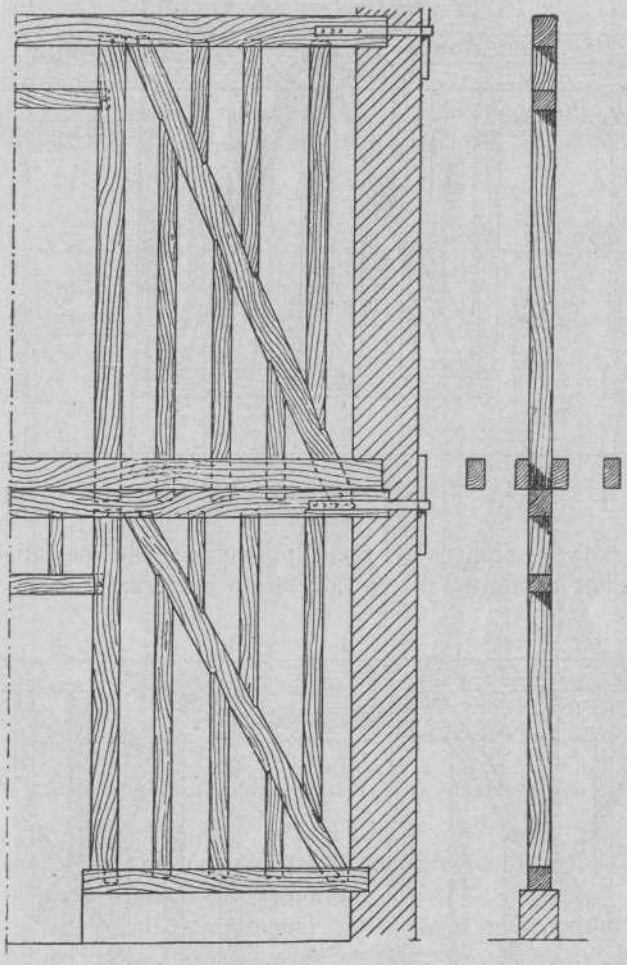
Fig. 251. — Entramado interior.

viga maestra o *durmiente,* sobre cuya pieza se ensamblan las viguetas (fig. 254), como se verá más adelante, al tratar de los suelos.

Las viguetas pueden tener entonces su extremo sobre los muros, como se ve en *a,* o ir ensambladas sobre una carrera adosada al muro y sostenida por modillones o canecillos de hierro sellados en el muro, como se indica en *b.*

Por lo que respecta al entramado de madera, es importante en

este caso particular dar al pie derecho y a los dos tornapuntas la fuerza necesaria para soportar el peso del durmiente. Además, como este durmiente, a menos de dejarlo aparente por debajo, no puede tener una altura superior a la de las viguetas, podrá armarse con un perfil



Figs. 252 y 253. — Entramado interior.

comercial que le dé la resistencia necesaria. Más adelante veremos secciones, al tratar de las vigas.

Entramados suspendidos. — Queda sobrentendido que los entramados de madera suben desde el nivel del suelo y deben erigirse perfectamente a plomo unos sobre otros, pero debe comprenderse que se pueden presentar casos en que haya necesidad de un

cuerpo saliente en cualquier piso, que no se corresponda con otro de

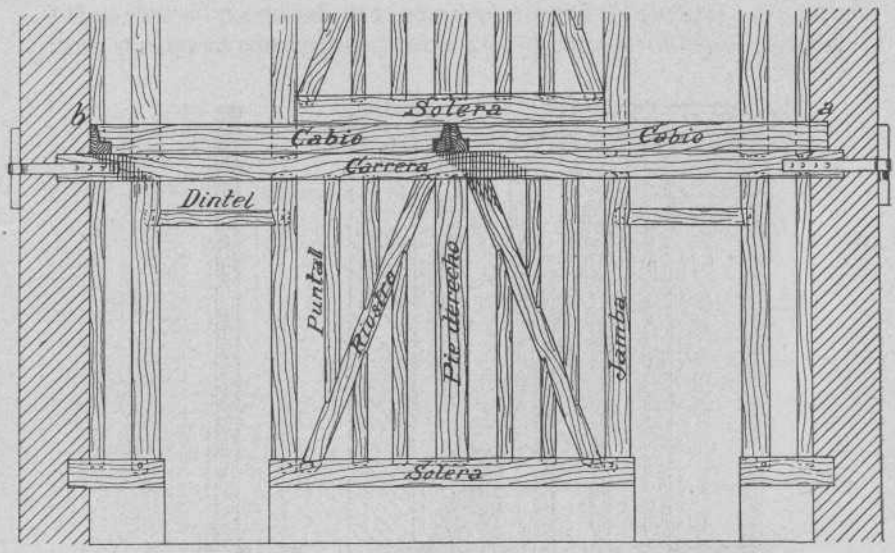


Fig. 254. – Entramado interior.

la planta baja, y entonces es preciso buscar una solución satisfactoria.

Si la luz, o longitud del entramado de madera, es poco conside-

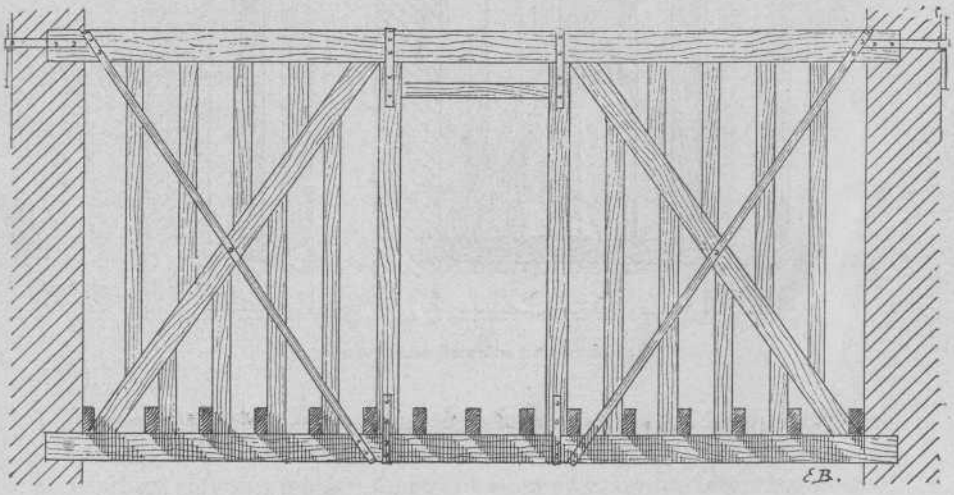


Fig. 255. – Entramado suspendido.

rable, se puede establecer dicho entramado con piezas suficientemente fuertes para soportar la carga. Pero esta parte puede ser mayor, y

entonces se puede emplear el sistema indicado en la figura 255, en la cual los dos tornapuntas, comprimidos, refieren la carga sobre la pieza horizontal inferior, en los puntos de apoyo, mientras que dos tirantes dobles o riostras de hierro plano refieren igualmente esta carga a los puntos de apoyo de la pieza horizontal superior.

Caso que no debiera aparecer la viga inferior, podría convertirse la pieza citada en un durmiente, al que viniesen a ensamblar las viguetas.

Como se ve, se trata en realidad de un sistema triangulado, en que por medio de los tornapuntas y los tirantes, repartiéndose por

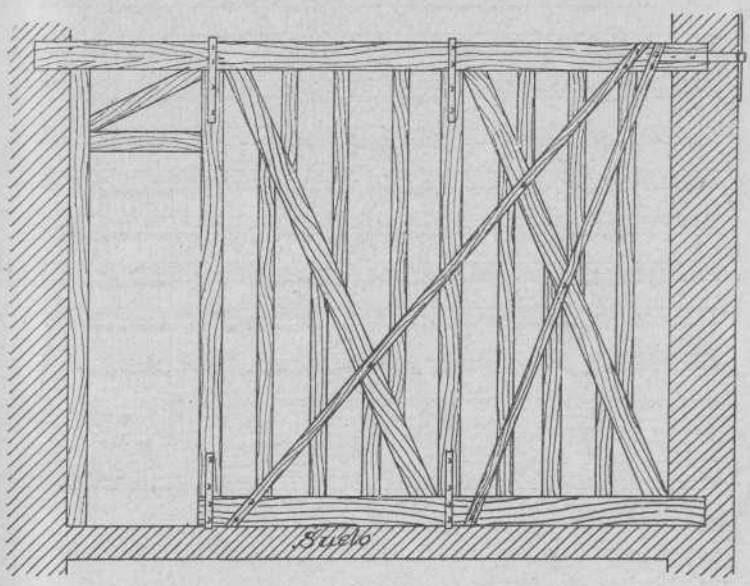


Fig. 256. — Entramado sobre suelo existente.

igual el trabajo, mantienen constante la separación entre las dos piezas horizontales y la rigidez del conjunto.

Caso de no existir simultaneidad de trabajo entre los tornapuntas y las riostras, los pies derechos de lección, con herrajes superior e inferiormente, impedirían toda flexión del entramado.

Entramado sobre suelo existente.—Puede suceder que se deseara establecer un entramado de madera sobre un suelo existente, no suficientemente sólido para soportar la sobrecarga resultante. Se puede entonces proceder como en el ejemplo anterior, por tornapuntas y tirantes, como piezas resistentes (fig. 256). La pieza horizontal baja resulta comprimida y la superior tensada o comprimida, según trabajen los tornapuntas o los tirantes.

Guarnecido de los entramados de madera.—Hemos dicho que los

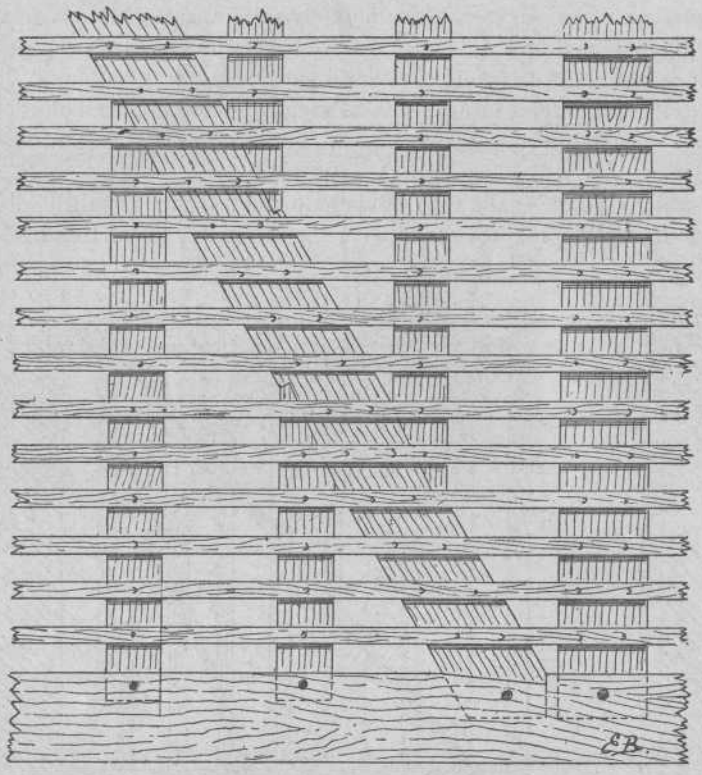


Fig. 257. — Enlatado.

entramados van forjados con cascotes, yesones o ladrillos; los interiores, que se enlucen siempre, se guarnecen lo mismo.

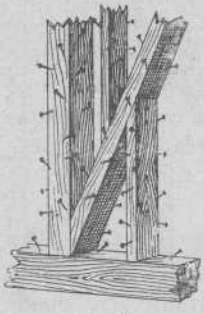


Fig. 258.
Entramado con clavos.

Pueden ser *enlatados* (fig. 257). Se colocan las *latas* de un lado, se rellena y después se van poniendo las latas por la otra cara. Sobre estas latas se da el enlucido.

A veces, la preparación se limita a clavar en todos sentidos clavos de barquilla, tanto para asegurar la adherencia del relleno a la madera como para retener el enlucido. También suele emplearse la azuela de calafate para sacar barbas a la madera en las caras exteriores, formando así asperezas propicias a la mayor solidez del enlucido (fig. 258).

Tabiques

Tabiques de cabios o alfarjías. — Se hacen también ligeros entramados de madera que no son en realidad más que simples tabiques. Corrientemente, se emplean maderas de 0,075 × 0,075 ó de 0,075 × × 0,050 colocadas como montantes y sobre las cuales se clavan las latas diagonalmente (fig. 259).

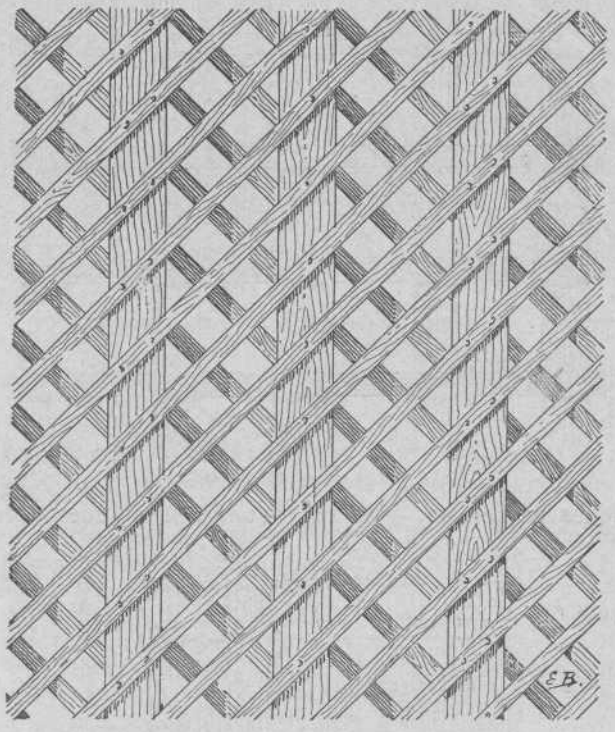


Fig. 259. — Enlatado en diagonal.

Pueden también emplearse latas horizontales muy espaciadas, como en el ejemplo de la figura 260. En este caso, se pueden clavar algunos clavos para fijar el relleno.

Tabiques de tablas. — Estos tabiques pueden hacerse con tablas sujetas arriba y abajo entre dos hileras de baquetones y trabadas en su altura por tres o cuatro líneas de listones (figuras 261 y 262). Las tablas suelen tener un espesor de 0,025 ó 0,037 por 0,11 ó 0,22 de ancho; los listones, de 0,012 ó 0,018 de espesor por un ancho de 0,075 ó 0,100. Las tablas van casi sin acepillar y los listones

llevan hecha una cara que enrasa el enlucido tirado sobre las tablas.

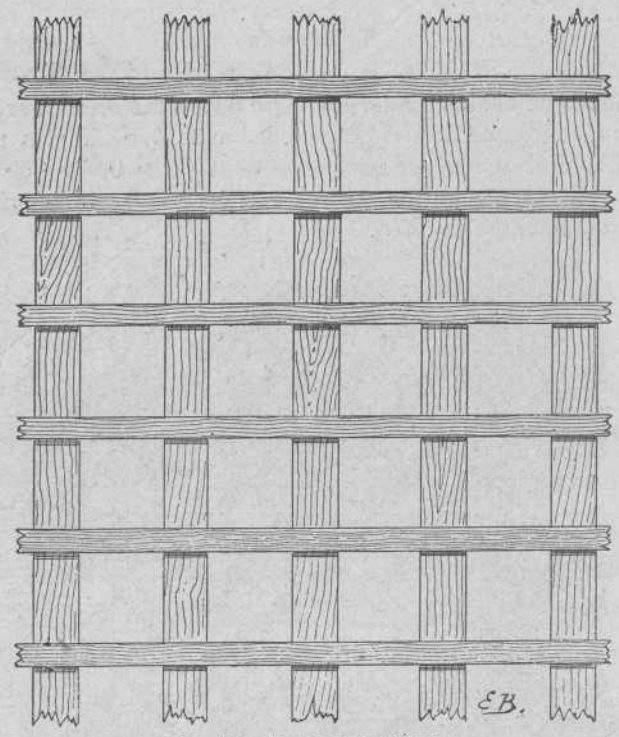
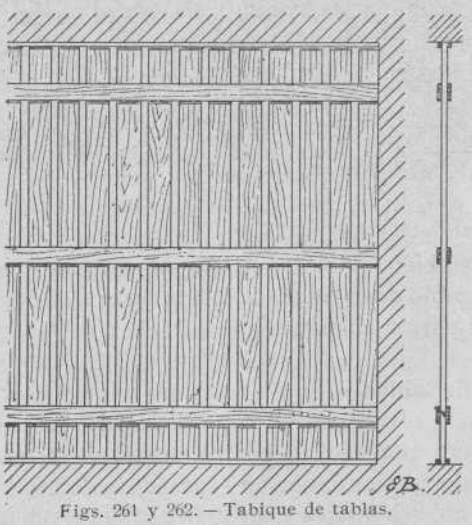


Fig. 260. — Enlatado horizontal.

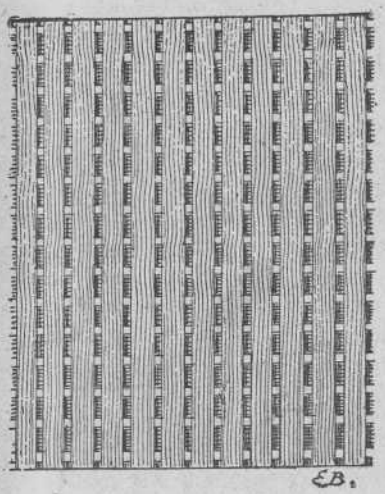
Tabiques de celosía. — Se hacen también tabiques de pequeñas

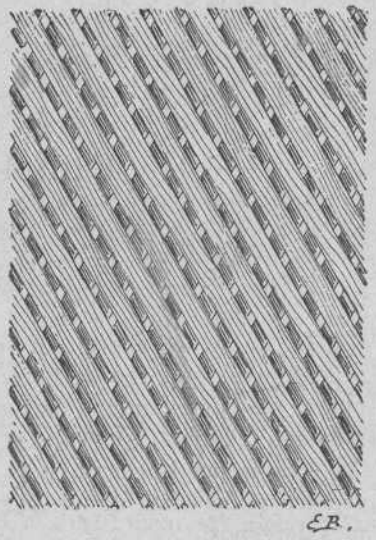


Figs. 261 y 262. — Tabique de tablas.

dimensiones con dos espesores de latas o tablas con separación varia-

ble, ya cruzadas perpendicularmente (fig. 263), ya oblicuamente, como indica la figura 264.





Figs. 263 y 264. — Tabiques de celosía.

En los dos casos el espesor del enlucido es de 15 a 20 milímetros.

DIMENSIONES CORRIENTES DE LAS PIEZAS EMPLEADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE ENTRAMADOS DE MADERA, SEGÚN ÉMY:

Entramados exteriores, de 3,90 m. de altura y 21,7 a 24,4 cm. de espesor:	
cornijales y pies derechos principales	24,4 a 27,1
pies derechos de puertas	21,7 a 24,4
soleras y carreras	21,7 a 24,4
jambas para ventanas	18,9 a 21,7
postes de relleno	16,2 a 21,7
jabalcones, riostras y cruces de San Andrés	13,5 a 21,7
Entramados interiores o tabiques:	
de 3,90 m. de altura, espesor	16,2
de más de 3,90 m., espesor	18,9
pies derechos soportando suelos	13,5 a 16,2
pies derechos no cargados	10,8 a 13,5
Entrepaños suspendidos o tabiques de división, espesor	8,1 a 13,5

Las dimensiones aquí indicadas lo son sólo a título de guía y referencia y podrán variar según los diferentes casos que pueden presentarse en la práctica, porque es evidente que un entramado de madera de un solo piso no puede ser tratado como el que sostiene varios.

CAPITULO IV

Dinteles y vigas

Dinteles

De un modo general, un *dintel* es una pieza de madera, de piedra o de hierro, que reposa horizontalmente sobre las jambas de una puerta o de una ventana, formando la parte superior del hueco y sosteniendo la fábrica.

Con frecuencia se alivia el dintel, y es una excelente precaución, construyendo sobre él un arco de fábrica que refiere la carga a los pies derechos.

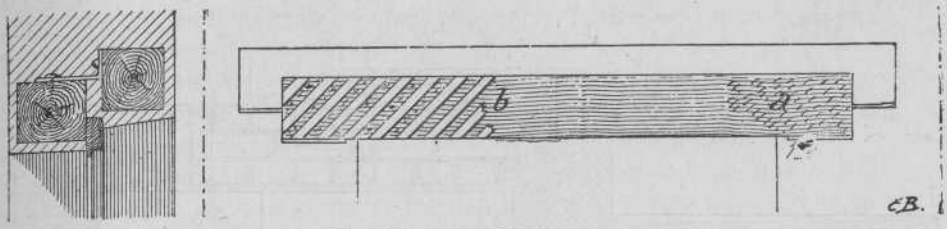
El uso de los dinteles de madera no es recomendable, a pesar de lo cual han sido muy empleados antes de producir la industria los hierros perfilados, tan resistentes y de tan fácil ensamblaje, y aun hoy se emplean, bien por motivos de economía o porque el género de construcción implique el uso de la madera.

Dintel oculto. — Cuando el dintel va incorporado a un muro de poco espesor, como en el caso de una citara o un citarón de ladrillo, puede hacerse de una sola pieza, con un rebaje para recibir el marco de la puerta o ventana, según el destino.

En un muro grueso, es decir, de 40 a 50 centímetros de espesor, el dintel se forma de dos piezas colocadas a diferente nivel (figs. 265 y 266), sólidamente unidas entre sí por un procedimiento cualquiera, patillas, pernos, etc., o bien reposando sobre placas de hierro, cuando la fábrica no presenta superficies bien planas, la mampostería, por ejemplo; o directamente, cuando se trata de sillería o fábrica de ladrillo, cuyas superficies de asiento están bien lisas y horizontales.

El dintel no aparente se enluce ordinariamente con yeso y a veces con mortero, como el resto del paramento. Para asegurar la adherencia, se hachea previamente la madera para aumentar su rugosidad, como se indica en *a*, y después se clavan latas espaciadas por distancias iguales al ancho de cada una, como en *b*, y para dar al enlucido más solidez aún, se clavan clavos en los intervalos de las latas. Queda entendido que los dinteles ocultos no necesitan ser labrados, sino solamente escuadrados y rectificados.

Decíamos al principio que no es recomendable el uso de la madera; pero especialmente para los dinteles recubiertos de un enlucido aconsejamos el empleo del hierro, superior a la madera en cuanto a resistencia, combustibilidad y duración. Será bueno, por tanto, no emplear la madera sino para dinteles aparentes cuando el carácter de la cons-

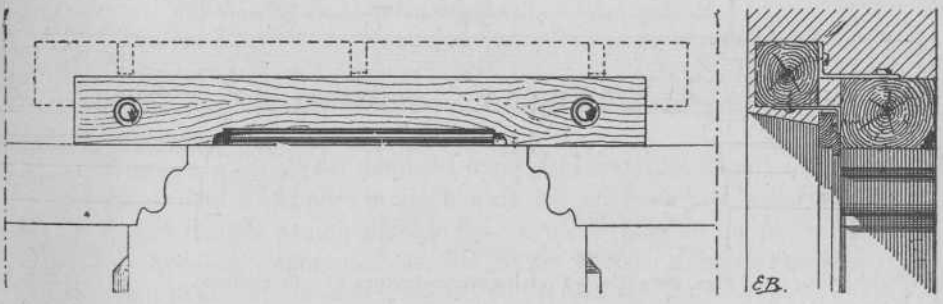


Figs. 265 y 266. – Dintel oculto.

trucción exija este material, y aun entonces podrá emplearse un procedimiento mixto, como más adelante indicaremos.

Dintel de madera aparente. — Un dintel aparente debe estar labrado por tres caras, al menos la pieza exterior, si es de dos piezas, y en este caso el dintel posterior se trata de la misma forma que hemos visto para el ejemplo precedente.

La cara anterior puede decorarse por un procedimiento cualquiera. Véase, por ejemplo, un dintel (figs. 267 y 268) que reposa sobre



Figs. 267 y 268. – Dintel aparente.

modillones de piedra en el espesor del marco y sobre la mampostería interior el resto.

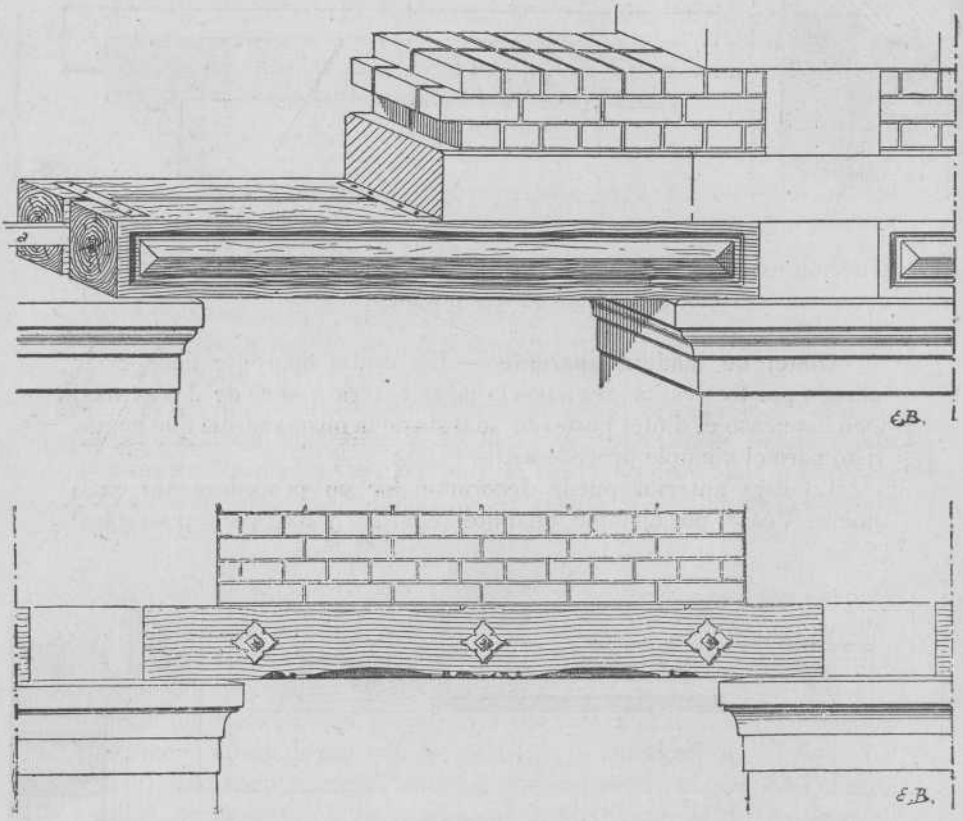
Como para el dintel oculto que precede, la pieza posterior, que franquea una luz mayor, puesto que se encuentra aumentada por los derrames del hueco, es más larga que la anterior. Así se indica en líneas de puntos en la elevación (fig. 267).

Dispuestos así, pueden emplearse estos dinteles para puertas o para ventanas.

Dintel aparente sobre abertura libre. — Sobre un hueco libre, es decir, sin puerta ni ventana, las dos piezas del dintel se colocan al mismo nivel y son de forma idéntica (fig. 269).

La decoración de este dintel se compone de pequeñas acanaladuras perfiladas circunscritas a una tabla labrada en bisel.

Damos un segundo ejemplo en la figura 270, que es una decora-



Figs. 269 y 270. — Dinteles sobre abertura libre (*a*, anclado).

ción mucho más sencilla, pues no lleva más que una ligera talla en la arista inferior, achaflanada la superior y rosetones de chapa ornamentando los pernos.

Dinteles mixtos.—Hemos calificado de defectuosos los dinteles de madera; pero, no obstante, el empleo de este material se impone en algunas construcciones, al menos en la parte aparente.

Se puede recurrir al sistema mixto de hacer de metal el dintel resistente, siendo la parte visible una aplicación de madera.

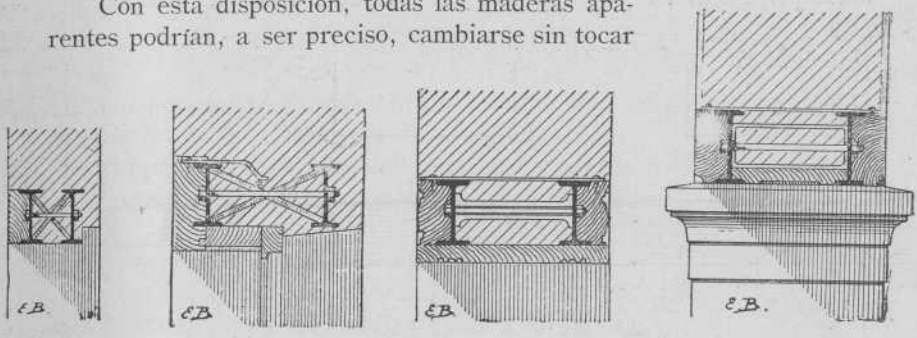
En un muro de pequeño espesor, de 28 cm., por ejemplo, se puede proceder como se indica en la figura 271, en la que un dintel compuesto de dos hierros I está revestido hacia el exterior por una pieza de madera que da el aspecto de un dintel de madera aparente.

Para un muro de mayor espesor, se puede emplear la disposición adoptada en la figura 272, que puede servir indiferentemente para una ventana o para una puerta.

El dintel tiene, como se ve, sus dos hierros a la misma altura, y la diferencia de nivel entre telar y derrame se obtiene por la adición de una pieza de madera bajo el ala anterior del dintel de hierro.

Para un dintel de vano libre, la madera puede ser aparente únicamente por las tres caras vistas (fig. 273), y se presta así a una decoración apropiada al conjunto de la construcción.

Con esta disposición, todas las maderas aparentes podrían, a ser preciso, cambiarse sin tocar



Figs. 271 a 274. — Dinteles mixtos de madera y hierro.

al dintel propiamente dicho; una brida que pasa sobre los hierros fija las dos piezas verticales de madera, las cuales van, además, enlazadas por debajo por los paneles del dintel visible.

Se pueden conservar también los dos hierros del dintel visibles por debajo (fig. 274), pero la fijación de las maderas y su amovilidad son menos fáciles, principalmente para la pieza que forma plafón, la cual es necesario componer de dos piezas hechas solidarias por dos pequeñas bridas embutidas y sujetas con tornillos.

Puentes

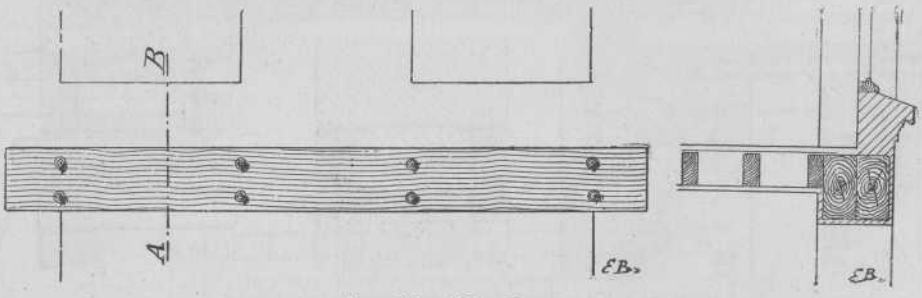
Un *puente* no es más que un dintel de mayores dimensiones llamado a franquear una luz más considerable y a soportar a veces cargas de mucha importancia.

En efecto, mientras que el dintel ordinario no soporta generalmente más que la mampostería que forma el tímpano y a veces una parte de suelo, el puente puede resultar cargado por un macizo y este

macizo repetirse en los distintos pisos, además de los suelos, cuando las vigas le son perpendiculares.

Aquí es donde debe emplearse, sobre todo, el hierro con preferencia a la madera, pues con ésta no se puede calcular exactamente la sección, por ser su coeficiente de trabajo absolutamente incierto. Por este motivo, los constructores prudentes llegan hasta aconsejar que se aumenten ampliamente las dimensiones indicadas por el cálculo, o, mejor aún, que se reduzca a la mitad el trabajo impuesto, tomando sólo 0,3 Kg. como coeficiente de trabajo, en lugar de 0,6 Kg. por milímetro, que es el generalmente admitido. Consejo muy prudente, si se tiene en cuenta la incertidumbre que se tiene siempre en cuanto a la capacidad de resistencia de la madera.

Puente de gran luz. — La figura 275 representa un puente formado por dos piezas yuxtapuestas y destinado a soportar, además de



Figs. 275 y 276. — Puente.

un suelo, un macizo de fábrica que puede encontrarse repetido en los pisos superiores, sobrecargado cada vez por un viguerío.

En el caso que nos ocupa, se ve en la figura 276 que este puente no sostiene las vigas, por serle paralelas.

En el cálculo se tendrán en cuenta todas las cargas que esté llamado a soportar, pero repetimos que lo mejor será emplear el hierro, cuyo cálculo puede hacerse con una certidumbre incomparablemente más completa.

Puente con columna. — Al ser la luz mucho más considerable, el puente, sin el alivio aportado por la columna, exigiría dimensiones colosales. Es preferible, por tanto, como siempre que es posible el empleo de un soporte vertical, dividir la luz por lo menos en dos, lo que permite atenerse a dimensiones razonables (fig. 277). La figura 278 muestra la sección del puente.

Pueden emplearse todos los medios propios para hacer completamente solidarias las dos piezas que componen el puente. En el caso

particular presentado, hemos verificado el acoplamiento por dos hileras de pernos, con objeto de impedir a las piezas torcerse o volcarse, al estar contrariadas la una por la otra.

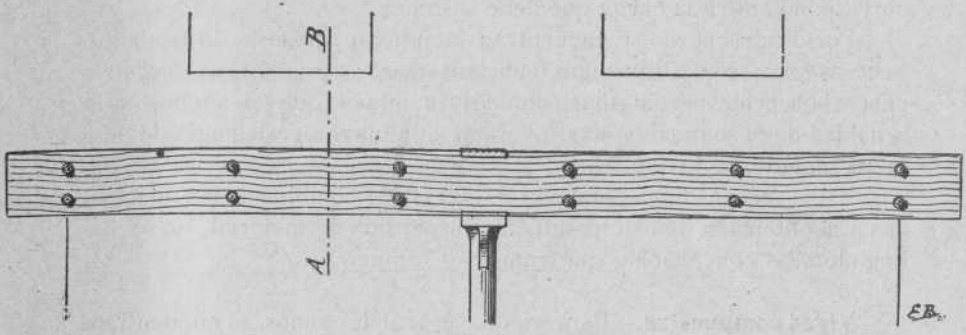


Fig. 277. — Puente con columna.

Los puentes se hacen en bruto, únicamente rectificados y tratados para asegurar la adherencia del enlucido, según hemos dicho para los dinteles, es decir, que las maderas van hacheadas, enlatadas y provistas de clavos.

Probablemente hemos rebasado nuestro pensamiento al decir que la madera es un mal material, porque no es tal nuestra opinión absoluta. Hemos tenido ocasión de ver puentes de encina muy antiguos que presentaban un estado de conservación notable y capaces aún de prestar un largo servicio.

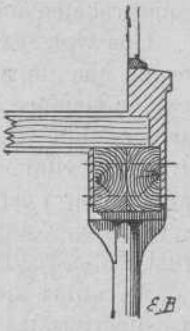


Fig. 278.
Sección *A B*.

Pero estas maderas eran viejas, de buena calidad, embalsadas, etc., cuyas características faltan probablemente en las maderas actuales, no embalsadas y empleadas frecuentemente cargadas aun con su savia, por lo que están destinadas a una rápida destrucción.

Jácenas de madera

Una *jácena* o *viga maestra* es una pieza gruesa de madera escuadrada que sirve para sostener las *viguetas* o vigas secundarias de un suelo.

Antes del empleo del hierro, las vigas maestras de madera servían para cortar la luz de las viguetas en los vanos de grandes dimensiones, y su sección era generalmente cuadrada, como procedentes de un árbol entero cuya fuerza no había razón para disminuir,

reduciéndole a una sección rectangular por medio del hacha o de la sierra.

Las vigas de una sola pieza no exigen descripción, siendo simplemente una pieza de madera, en la que precisa calcular la sección correspondiente a la carga que debe sostener.

Por desgracia, no se encuentran fácilmente maderas lo bastante gruesas para constituir vigas suficientemente resistentes. Por otra parte, la sección rectangular, con altura mayor que el ancho, es a igualdad de peso mucho más favorable a la mayor resistencia de una pieza sometida a flexión.

Estas razones han conducido a investigar combinaciones adecuadas a la obtención de este resultado sin pérdida de material, y se ha llegado a las conclusiones que vamos a examinar.

Vigas compuestas.—Para franquear grandes vanos, se encuentran a veces maderas de longitud suficiente, pero cuya escuadría no corresponde al esfuerzo que debe imponérseles, y entonces se superponen en altura dos árboles escuadrados, ensamblándolos por diversos procedimientos más o menos propios para hacer solidarias las dos piezas y que trabajen simultáneamente.

Una viga, ya sea de una sola pieza o compuesta, no debe ser recta, porque una línea horizontal, por rígida que sea, parece a la vista flexarse siempre y porque, además, se flexa ligeramente bajo una carga mínima y hasta bajo su propio peso.

Para evitar este aspecto defectuoso de viga flexada y también para obligar a esta viga a trabajar antes de haber recobrado la línea recta, esto es, antes de que se rinda bajo la carga, se le da un peralte igual a $^1/_{60}$ ó $^1/_{100}$ de la luz.

Se estima que, en general, una viga compuesta de dos piezas superpuestas debe tener, por lo menos, un décimo más que la altura de la viga de una pieza, para obtener una resistencia sensiblemente igual, y que es aún más prudente adoptar tres décimos más.

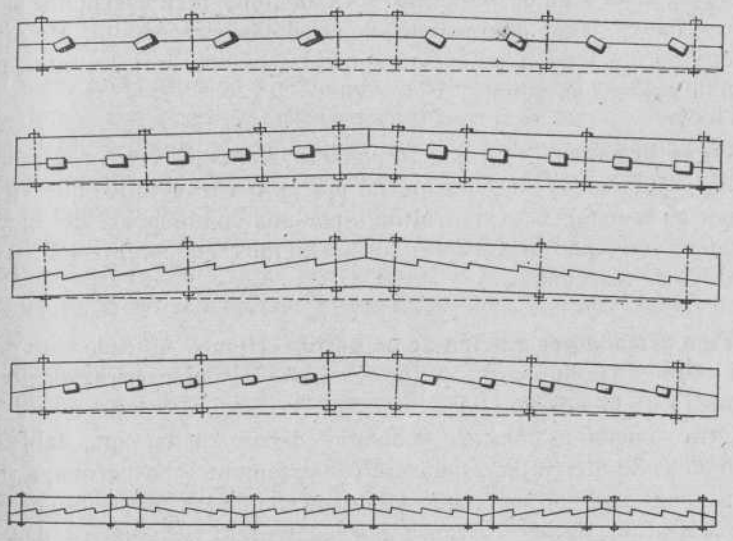
Se debe, pues, calcular la viga como de una pieza y aumentar, según se ha dicho, la altura dada por el cálculo.

Una buena precaución consiste en intercalar, entre las cabezas en contacto, una hoja de plomo, a fin de que las maderas no hagan presión directamente una sobre otra.

Viga compuesta de dos piezas. — Es el caso más sencillo: dos árboles, escuadrados y colocados uno sobre otro, se unen por medio de pernos con arandelas. Para oponerse a todo movimiento de deslizamiento de una pieza sobre la otra, se han practicado previamente entalladuras en las que vienen a ajustarse llaves de forma ligeramente trapezoidal, como es también la caja (fig. 279).

Viga de tres piezas y llaves. — La pieza inferior es de un solo trozo, y la superior, que está comprimida, de dos. El ajuste se hace por pernos, como en el caso anterior, y las arandelas se reemplazan por una brida en los dos pernos del centro, próximos a la junta (figura 280).

Viga acoplada con redientes. — Este género de ensamblaje es muy bueno, pero presenta una dificultad de ejecución a causa de la precisión que reclaman los redientes, pudiéndose aconsejar el empleo de llaves, como se indica en el lado derecho de la figura 281.



Figs. 279 a 282. — Vigas compuestas.

Esta viga es igualmente de tres piezas, como la precedente, y apretada también con pernos.

La altura ordinaria de estas vigas, con relación a su longitud, varía de $^1/_{12}$ a $^1/_{15}$.

La longitud de los redientes es sensiblemente igual a la altura de la viga, y deben trazarse ajustándose a una línea que empieza en el tercio inferior para las extremidades y llega al tercio superior para el centro.

Para obtener la curvatura, se apoya el centro de la viga sobre un punto fijo, mientras las extremidades se obligan hacia tierra por un medio cualquiera, como pesos o gatos, por ejemplo; o bien en sentido inverso, apoyando los extremos y cargando el centro.

La viga debe permanecer así flexada y obligada hasta que se hayan abierto los taladros y colocado los pernos y las llaves, si se adoptan.

Si se emplea el sistema de llaves, de hierro o de madera dura, se deja un poco de juego entre los talones de cada rediente, rellenando después este hueco con las llaves, introducidas a golpes. Este medio permite no atenerse en absoluto a las dimensiones exactas de los redientes de las dos piezas a acoplar, puesto que las llaves llenan los huecos y aseguran el ajuste.

Viga compuesta de pequeñas piezas.— Puede presentarse el caso en que no se disponga más que de maderas de escasa longitud. Precisa entonces recurrir a un ensamblaje análogo al representado en la figura 282. Esta viga de redientes será de más fácil ejecución si se emplean llaves, como hemos indicado en el caso precedente. Va ajustada con pernos y es, además, conveniente guarnecer las juntas por medio de bridas con talones.

Vigas armadas. — Se llaman *vigas armadas* las vigas reforzadas por una combinación de carpintería, por un perfil metálico que viene a sumar su resistencia, o, por último, por una combinación de hierro y madera en que ésta sufre los esfuerzos de compresión y el hierro los de tracción.

Viga armada por adición de un perfil.—Hemos indicado este procedimiento en las figuras 165 y 166. Consiste en alojar entre dos piezas de madera un hierro I.

Otra solución es colocar, encima y debajo de la viga, tablas o platabandas de hierro, apretadas muy fuertemente con pernos, a tres hiladas en el ancho. Oponiéndose la madera a la aproximación de las platabandas, el trabajo se hace normalmente y los hierros dan su máxima resistencia, por estar alejados de la fibra neutra en que el trabajo es nulo.

Se puede aún proceder por bandas metálicas adosadas vertical y lateralmente a la viga; el empernado se hace como en el caso anterior.

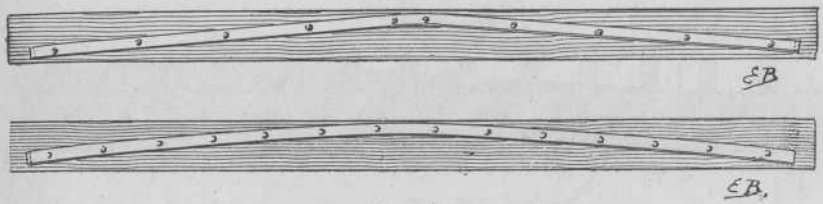
Nuestros perfiles de postes o pies derechos, figuras 201, 203, 207 y 209, dan también idea de combinaciones de hierro y madera que pueden ser empleadas para la confección de vigas, y aportarán quizá útiles indicaciones.

Para todas estas soluciones es recomendable curvar la pieza de madera antes de abrir los agujeros, como hemos indicado al hablar de las vigas compuestas, de forma que el metal empiece a trabajar antes de que la madera esté ya fatigada.

Vigas armadas lateralmente. — Esta clase de armadura puede convenir para vigas de dimensiones restringidas. Se coloca a cada lado una pletina, desde la parte baja cerca de los apoyos, hasta cerca de la parte superior, por el centro.

Estas bridas pueden ser rectas y simplemente acodadas en el centro, al montarlas, como muestra la figura 284.

Para aumentar la resistencia, se puede emplear, en sustitución del hierro plano, perfiles L o ⊔, que consolidan así la viga lateralmente.



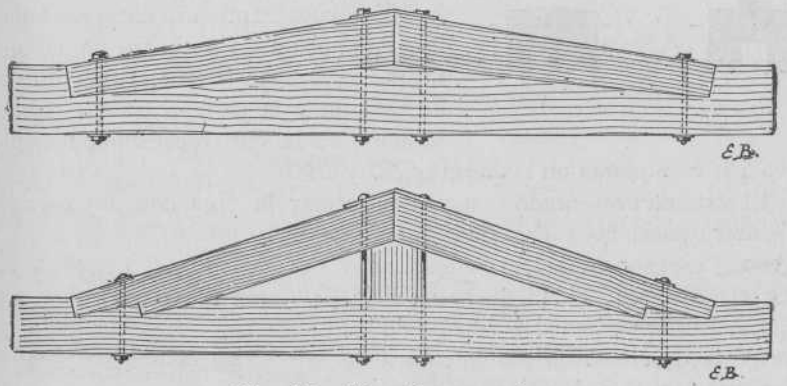
Figs. 283 y 284. – Vigas armadas.

Estas armaduras se sujetan con pernos o al menos con tirafondos.

Hemos aplicado este procedimiento para reforzar un suelo demasiado débil, y hemos armado cada una de las viguetas con dos hierros planos cintrados al máximo permitido por la altura de aquéllas y sujetos con pernos.

Este suelo llevaba simplemente entarimado y cielorraso, no estorbando el forjado. Se levantó previamente el pavimento y se procedió al montaje de las armaduras. El resultado ha sido muy satisfactorio.

Armaduras con pares.—Este sistema consiste en hacer la viga de tres piezas: una horizontal, que se encuentra tensada, y, encima, dos



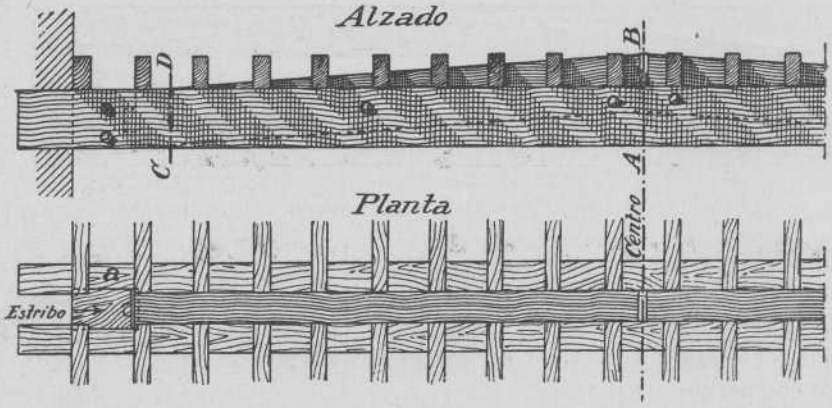
Figs. 285 y 286. – Vigas armadas.

piezas inclinadas, que hacen el papel de pares y están comprimidas (figura 285).

Encontrándose en el centro el momento flexor máximo de una viga, es interesante dar a los pares la mayor inclinación posible sobre la horizontal, de manera que aumente la altura. Es lo que tratamos de mostrar en la figura 286, aumentando la altura en el centro.

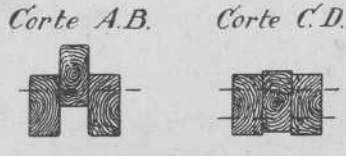
Nuestra figura 298, que se verá más adelante, nos dará ocasión de demostrar esta verdad.

Pero no siempre se puede disponer de la altura necesaria para dar a los pares la inclinación considerable que sería útil para conseguir una



Figs. 287 y 288. — Viga armada.

gran resistencia, por ejemplo, en el caso en que una vigueta viene a descansar sobre la viga maestra. No siempre se puede tampoco aumentar la altura de la viga por debajo; no es de buen aspecto y puede ser molesto.



Figs. 289 y 290. — Secciones.

Entonces se procura encerrar toda la combinación de refuerzo en la altura formada por la suma de la altura de la viga y la de las viguetas. Esta solución es la que representamos en elevación y en planta en las figuras 287 y 288.

El sistema presentado consiste en formar la viga con dos piezas de madera paralelas y espaciadas una de otra en el espesor de los pares destinados a darle mayor capacidad de resistencia.



Fig. 291. — Escopleadura.

La altura máxima del vértice de los pares está determinada por la altura de las viguetas y, si se hace una sección por el centro, altura máxima, se obtiene la figura 289. Si el corte se hace al pie de la pendiente del mismo par, se encuentra la reacción indicada en la figura 290.

Las dos piezas que componen la viga están escopleadas en *a* (figura 288) y dan en elevación el dibujo de la figura 291.

En las entalladuras *a* se introduce un taco de madera dura, apre-

tado fuertemente con pernos y que soporta y transmite el empuje de los pares.

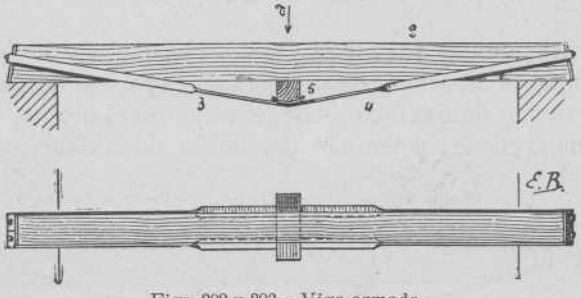
Un empernado cuidadoso, tanto por lo que respecta a precisión de taladros, como al número de pernos, solidariza las piezas que componen la viga con sus pares.

Como fácilmente se advertirá, existe ventaja en dar a las viguetas la mayor altura posible, puesto que es en esta altura donde puede encontrarse la posibilidad de aumentar la inclinación de los pares.

Dada la escasa pendiente conseguida, importa curvar esta viga antes de hacerla trabajar. Además, es bueno introducir a la fuerza una cuña metálica entre las dos cabezas de los pares que se reúnen en el vértice.

Vigas armadas con biela y tensor. — Mientras las vigas que preceden van reforzadas por pares superiores comprimidos, los elementos de las subtendidas presentan la misma forma, pero en sentido inverso, es decir, que la pieza horizontal está comprimida y las inclinadas extendidas.

El metal está enteramente indicado para constituir los tensores o tirantes, pues la facilidad para hacer uniones sólidas y la gran resis-



Figs. 292 y 293.—Viga armada.

tencia del hierro con un pequeño volumen hacen de él un precioso elemento.

Las figuras 292 y 293 representan en elevación y en planta una viga, en la que se han puesto dos subtensores laterales que tienden a elevar una pequeña pieza vertical que desempeña el papel de *biela*.

La viga está guarnecida, en cada extremo, con una placa de hierro sobre la que vienen a fijarse, por medio de fuertes tornillos, los tensores, los cuales están acodados en este punto. Los tensores van primero adosados de plano a la viga y después están retorcidos, para venir a presentarse también de plano bajo la biela.

En el momento de colocar la armadura, se debe dar a la viga una ligera flexión, de forma que el hierro empiece a trabajar seguidamente.

Se pueden representar gráficamente los esfuerzos impuestos a los distintos miembros, como indica la figura 294.

Suponiendo una carga vertical *a* en el centro de la viga, se llevan sobre una recta vertical las dos semicargas, a una cierta escala, por

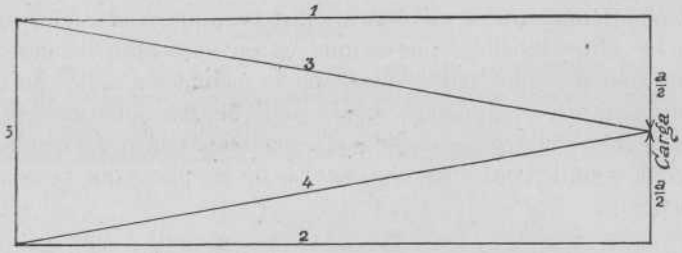


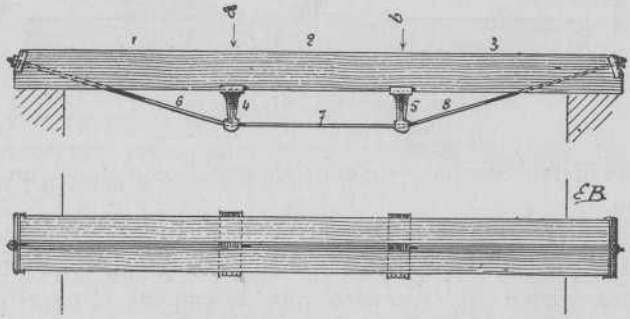
Fig. 294. — Cálculo gráfico.

ejemplo, de 3 cm. por mil kilogramos; se trazan paralelas a la pieza horizontal y a las piezas oblicuas, quedando las longitudes determinadas por intersección, y ya no hay sino medir estas líneas a la escala elegida para tener el esfuerzo impuesto a cada pieza.

Se suelen indicar en los esquemas las piezas comprimidas por trazos gruesos, y por trazos finos las piezas estiradas.

Viga armada con dos bielas. — Se compone de dos piezas separadas sólo por el espacio necesario para dejar paso al tensor.

Aquí hemos figurado bielas de fundición, y el tirante, roscado en sus extremos, puede ser tensado por medio de las tuercas. No obs-



Figs. 295 y 296. — Viga armada.

tante, es mejor producir la flecha en el momento de la colocación de la armadura (figs. 295 y 296).

El esquema de esfuerzos (fig. 297) es análogo al precedente: hemos supuesto la misma carga total y la hemos referido por mitad sobre cada articulación, es decir, sobre el eje vertical de las bielas.

Sobre la línea vertical llevamos los pesos *a* y *b*, trazamos para-

lelas a los miembros y sólo falta medir los esfuerzos a la escala elegida.

Como se ve en este esquema, los miembros 2 y 7 se confunden sobre la misma línea, pero tienen diferente trabajo, estando uno comprimido y el otro tensado.

Si se puede dar a las vigas con pares o con subtensores una altura de vértice o de biela mayor, se aumentará la resistencia de la viga. Es fácil darse cuenta de ello dibujando en esquema una viga más peraltada y trazando su gráfico de esfuerzos. Se observará que cuanto más considerable es la inclinación de las piezas, más disminuye el trabajo de compresión y el de extensión.

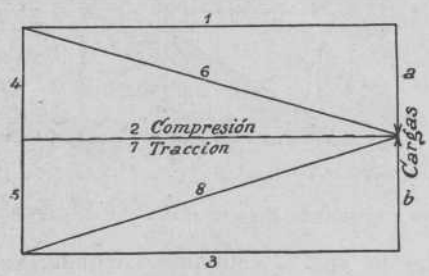


Fig. 297. — Cálculo gráfico.

Cuando se dispone de una gran altura, por encima o por debajo, se puede emplear una de las formas de viga siguientes.

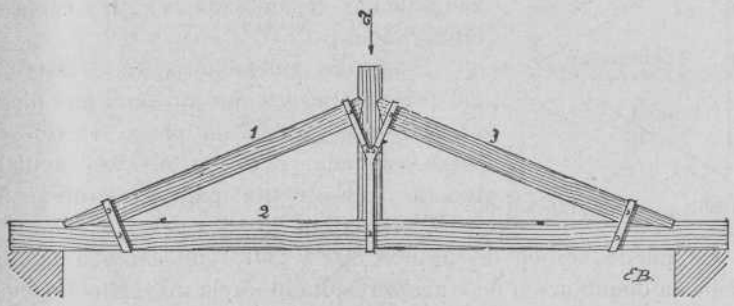


Fig. 298. — Viga armada.

Viga con pares.—Es un verdadero cuchillo o cercha. La viga que presentamos en la figura 298 no es, en suma, sino una repetición de la que hemos dado en la figura 296, pero nos servirá de motivo para examinar su cálculo gráfico.

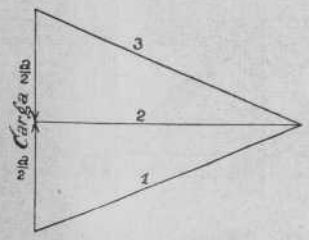


Fig. 299. — Cálculo gráfico.

Suponemos aún la carga concentrada en *a*, y llevamos esta carga en dos partes sobre una línea vertical, designándolas por $\frac{a}{2}$. Trazamos las paralelas a los miembros y obtenemos por intersección de las líneas la suma de los esfuerzos impuestos a cada pieza (figura 299).

Como se ve, suponiendo la carga en el vértice, el pendolón no

trabaja y únicamente aguanta las cabezas de los pares. Distinto sería

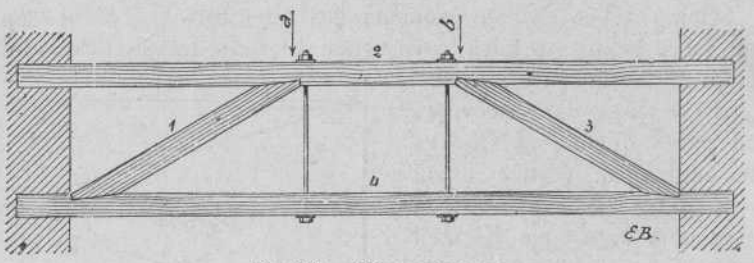


Fig. 300. – Viga compuesta.

si la viga 2 estuviese cargada; ya tendremos ocasión de examinar este caso al ocuparnos de las cubiertas.

Vigas armadas a la americana.—Esta disposición puede ser adoptada cuando la altura de la viga no constituye un estorbo.

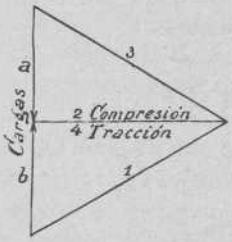


Fig. 301. – Cálculo gráfico.

Nuestra figura 300 comprende dos piezas de madera mantenidas a distancia por dos piezas oblicuas ensambladas a caja y espiga con embarbillado.

Estas dos piezas horizontales están unidas por dos pernos que no tendrían ninguna utilidad más que si la pieza inferior estuviese cargada, pero en el caso actual no tenemos en cuenta para el gráfico (figura 301) más que los dos pesos *a* y *b*.

Se puede ver en las figuras 300 y 301, que están a la misma escala, la disminución de trabajo resultante de la mayor inclinación de las piezas oblicuas, inclinación que aumentará tanto más, cuanto mayor sea la altura de la viga.

Se pueden construir vigas de este género exclusivamente de

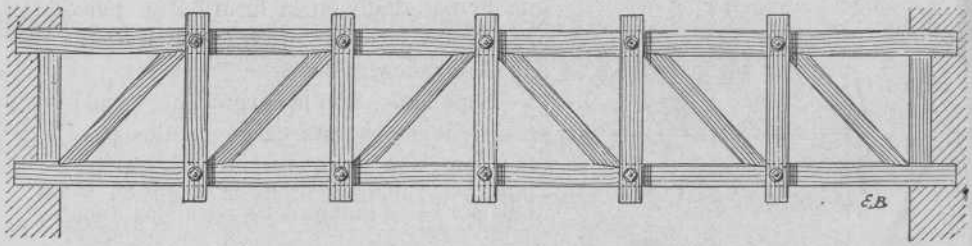


Fig. 302. – Viga americana.

madera, pero a condición de dejar que sobrepasen los elementos verticales de manera que se ensamblen por entalladuras (fig. 302). Estas

piezas verticales son en realidad cepos y van fijas con pernos a los miembros horizontales.

La pieza horizontal superior trabaja por entero por compresión, y la inferior por tracción. Las barras oblicuas están comprimidas y las verticales extendidas.

La figura 303 da una sección de esta viga.

Se puede también construir esta viga sin ningún saliente, sustituyendo los cepos de entalladura por piezas sencillas verticales, con fijación por pernos verticales (fig. 304).

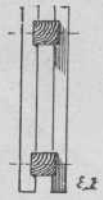


Fig. 303.
Corte vertical.

El esquema gráfico de estas vigas se hace según indicamos en

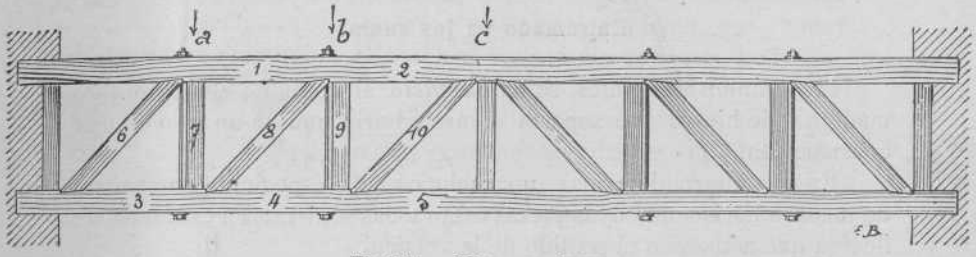


Fig. 304. — Viga americana.

la figura 305. Se ven bien en ella las enormes diferencias de trabajo

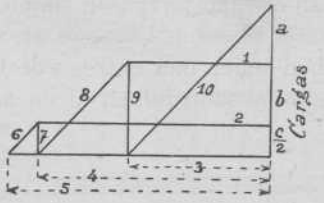


Fig. 305. — Cálculo gráfico.

de las piezas según la posición que ocupan en el sistema triangulado.

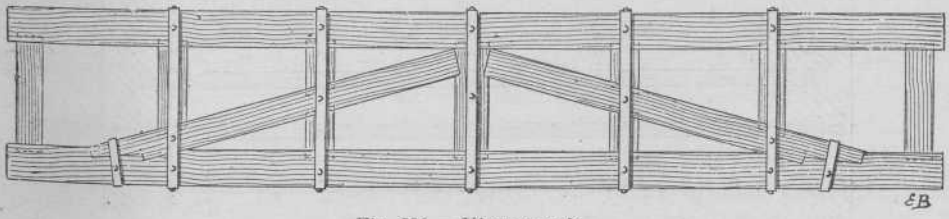


Fig. 306. — Viga armada.

Por último, se puede formar también esta viga según nuestra figura 306, con dos pares, un pendolón y dos piezas longitudinales. El conjunto va consolidado con collares y bridas de hierro plano, fijos con tirafondos.

CAPÍTULO V

Suelos y techos

Entramado de los suelos

En términos generales, se llama *suelo* al conjunto de piezas de madera o de hierro que soporta el área horizontal de un piso en una construcción.

En carpintería de armar, un suelo es una especie de entramado de madera horizontal cuyas piezas están todas sometidas a esfuerzos de flexión que actúan en el sentido de la vertical.

Suelos ordinarios. — El suelo más sencillo es el compuesto de viguetas que franquean el vano y reposan simplemente en los muros (figura 307).

Las viguetas deben tener una entrega de 15 a 25 cm., según la importancia de los suelos, y contribuyen al encadenado por medio de



Fig. 307. — Suelo simple de viguetas.

colas de carpa que se empotran en la fábrica. Según la estabilidad de los muros, estas colas de carpa se colocan más o menos próximas; pero en los casos ordinarios basta armar así una vigueta de cada cinco, aproximadamente, como indicamos en nuestro dibujo.

Las viguetas constituyen la parte resistente, pero es preciso completar el sistema para obtener una superficie continua que permita andar sobre ella y colocar objetos tales como muebles o mercancías. Se emplean para ello varios procedimientos:

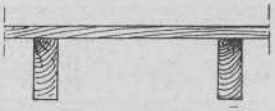


Fig. 308. — Suelo.

1.° Clavando simplemente tablas sobre las viguetas y en sentido transversal a ellas (figura 308). Es el medio más sencillo, debiendo tener las tablas de 25 a 37 mm. de espesor, según que la separación de las viguetas sea más o menos grande.

Estas tablas pueden ponerse a tope, y entonces se llama simplemente suelo de madera o entablado; o bien pueden ir ensambladas a ranura y lengüeta, y toman, en conjunto, el nombre de *entarimado*.



Fig. 309.
Suelo con relleno apisonado.

Pero un suelo así constituído no puede convenir más que para edificios industriales o muy económicos, pues las viguetas aparentes no podrían admitirse en una habitación.

2.° Se comprende que en un suelo como el que acabamos de examinar, la transmisión de los ruidos, del calor y del frío, alcanzan su máximo; se ha procurado, por tanto, evitar este inconveniente estableciendo encima del entablado un relleno de tierra arcillosa apisonada y revestida con enlucido de yeso. Esta disposición puede convenir para un granero, encima de un establo, por ejemplo (fig. 309).

3.° Se pueden disimular las viguetas guarneciéndolas por debajo con un techo de tablas clavadas (figura 310). Este procedimiento se emplea cuando no se quiere sobrecargar las viguetas y, al mismo tiempo, se desea no dejarlas aparentes.

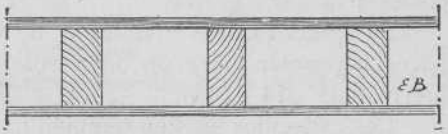


Fig. 310. — Suelo con techo de tablas.

Es fácil obtener un buen aspecto empleando baquetones en las juntas y barnizando la madera.

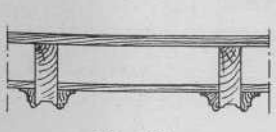


Fig. 311.
Suelo con artesonado.

4.° En el mismo estilo, siempre sin forjado, se obtiene un techo bastante decorativo por medio de un enlistonado que descansa, entre cada dos viguetas, sobre molduras previamente clavadas en las mismas (fig. 311).

5.° Para las habitaciones destinadas a vivienda, en que la transmisión de ruidos no sería tolerable, se forja con yesones y yeso un espesor más o menos grande (fig. 312).

En este ejemplo, se clavan a las viguetas listones de 37 × 37 mm.,

sobre los cuales descansan tabletas que soportan el forjado. La adherencia de éste a las viguetas se consigue por medio de clavos de barquilla.

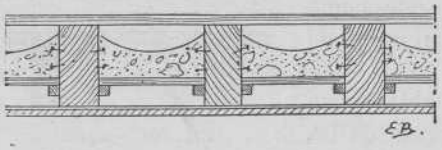


Fig. 312. — Suelo con forjado.

Bajo las viguetas se clava un enlatado sobre el que se tira el yeso para formar el cielorraso.

6.° Por último, puede obtenerse un suelo muy aislante con un forjado sobre el enlatado inferior, cielorraso bajo éste, relleno entre las viguetas y durmiente sobre las mismas para recibir el entarimado (fig. 313).



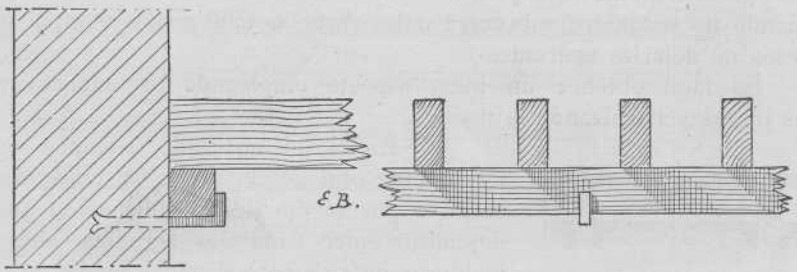
Fig. 313. — Suelo con forjado y relleno.

Para suelos con cielorraso sobre enlatado, las viguetas deben colocarse a 30 cm. de eje a eje, debido a la longitud de las latas que franquean así cuatro espacios.

Apoyo de las viguetas. — La madera es un material eminentemente putrescible y, además, se comprende que los empotramientos espaciados a 30 cm. debilitan considerablemente el muro. La madera se deteriora menos cuando se deja en contacto con el aire y preservada de la humedad, que no deja de transmitirle la mampostería.

Por estas razones, en lugar de empotrar las viguetas, se puede hacerlas reposar sobre un durmiente fijo al muro por canecillos de hierro (figs. 314 y 315).

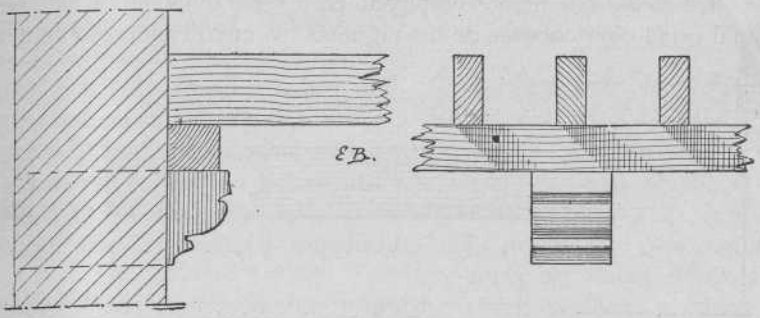
Los canecillos pueden también hacerse de piedra dura, empotrados en la mampostería, como indicamos en las figuras 316 y 317.



Figs. 314 y 315. — Durmiente sobre canecillos.

Pero los durmientes colocados bajo las viguetas, como en los dos casos que acabamos de ver, presentan el inconveniente de no poderse disimular, pues esto sólo podría conseguirse enmascarándolos con una cornisa, que no siempre llevan las habitaciones.

Para evitar esto, se puede ensamblar la vigueta en la altura del durmiente, como se muestra en la figura 318. Se emplea el ensam-



Figs. 316 y 317. — Durmiente sobre modillones.

blaje de palma o simple entalladura, que permite colocar en su sitio la vigueta haciéndola descender simplemente en la entalladura preparada para recibirla.

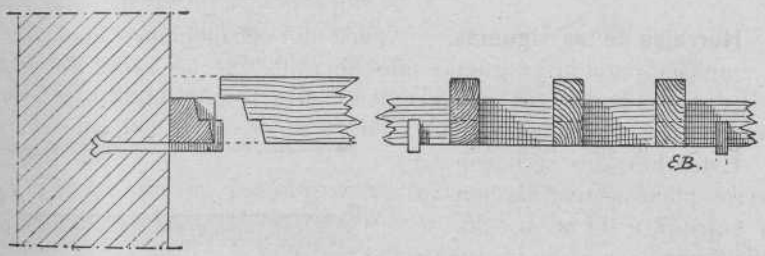
El durmiente está sostenido por modillones de piedra que pueden dejarse aparentes, por estar situados a distancias regulares y concurrir a la decoración.



Fig. 318. — Vigueta ensamblada al durmiente.

No obstante, puede no emplearse la piedra y hasta no tener ningún soporte visible; basta entonces emplear canecillos de hierro y aun embutirlos en el durmiente, como se indica en las figuras 319 y 320.

Un procedimiento que puede convenir, sobre todo en las repa-

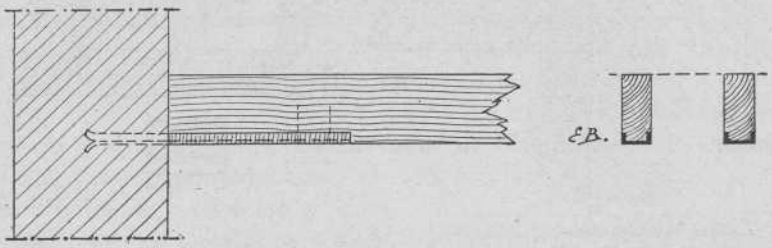


Figs. 319 y 320. — Vigueta ensamblada al durmiente.

raciones, cuando las cabezas de las viguetas se encuentran apolilladas, se indica en las figuras 321 y 322. Consiste en colocar bajo la vigueta un hierro ⊔ de 70 a 80 cm. de longitud, cuya fuerza esté en relación con la vigueta, fijo con fuertes tornillos a la mayor distan-

cia posible del muro. El hierro penetra en la mampostería de 20 a 25 cm.

Otro medio que hemos empleado para reparar un suelo que tenía en mal estado las cabezas de las viguetas, y cuyo cielorraso no debía



Figs. 321 y 322. — Consolidación de una vigueta.

tocarse, ha sido guarnecer la extremidad de las viguetas con dos fuertes hierros planos, fijos con tirafondos, como muestra la figura 323.

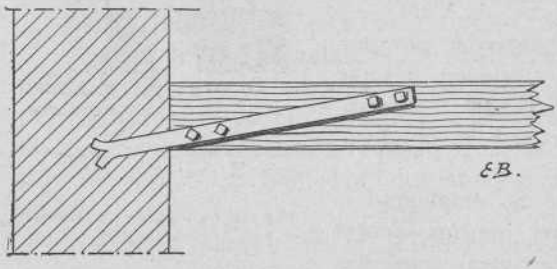
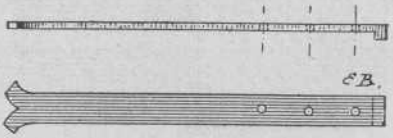


Fig. 323. — Consolidación de viguetas.

Como se observará, los hierros se han colocado con inclinación, siendo la razón de esto la necesidad de presentar en el punto en que se ejerce el esfuerzo la mayor sección posible de madera, arriba, cerca del muro, y abajo, en el extremo del hierro que tiende a tomar la posición horizontal.

Herrajes de las viguetas. — Aparte del encadenado o anclado, no se emplean para las viguetas más herrajes que las *colas de carpa,* que representamos en proyecciones en las figuras 324 y 325.



Figs. 324 y 325. — Cola de carpa.

Estos herrajes se hacen con hierros planos, cuya sección varía entre 7 × 40 y 9 × 50, según la importancia de los suelos; su longitud total varía de 50 a 60 cm., sobre cuya longitud se toman 20 ó 25 cm. para el empotramiento en la obra de albañilería.

La figura 326 nos muestra en planta y en sección el herraje ya fijo sobre la vigueta. La fijación se hace mediante tres tornillos o tres tirafondos. La cola puede colocarse también lateral-

mente, según las dificultades que se presenten para la colocación en cada una de ambas posiciones.

Brochal. — Cuando varias viguetas no pueden empotrarse en el muro, por corresponder sobre un hueco del mismo o con los tubos de subida de humos de una cocina o chimenea, se apoyan sobre otra vigueta transversal, soportada a su vez por las dos viguetas empotradas más próximas. Esta vigueta corta se llama *brochal* y corre paralela al muro a una distancia de unos 15 cm. (figura 327). Es un durmiente secundario.



Fig. 326. — Cola de carpa.

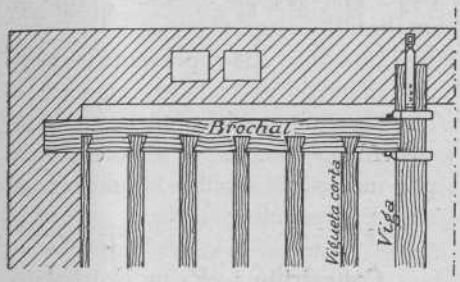


Fig. 327. - Brochal.

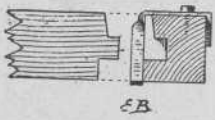


Fig. 328. — Unión de brochal.

El brochal se apoya sobre las viguetas *embrochaladas* por una ensambladura de caja y espiga (fig. 328) y está sostenido además por un estribo.

Herraje del brochal.—El *estribo* es un hierro plano de 9 × 40 ó 9 × 50 con dos ramas, acodado y retorcido, según la dirección de las piezas que está destinado a ensamblar. Las partes horizontales que se apoyan sobre la vigueta embrochalada tienen en su extremo talones para engarfiarse en la pieza. El estribo se fija por medio de tirafondos (figura 329).

Cuando no es posible sacarle espiga al brochal y el estribo sólo debe soportarlo, es preferible emplear la forma que indicamos en las figuras 330 y 331, que proporciona un asiento más seguro.

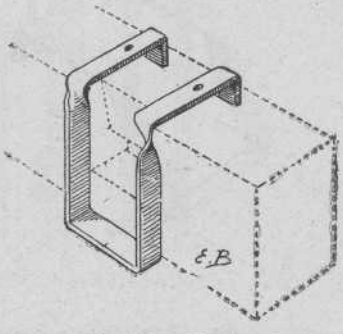


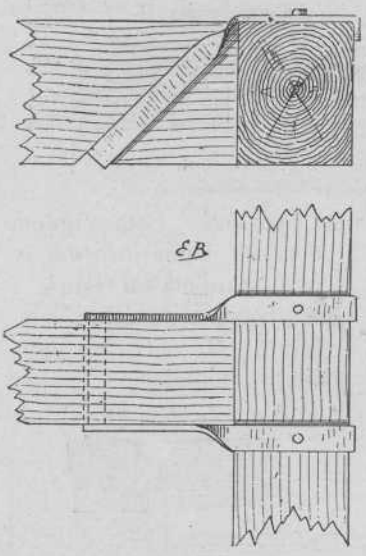
Fig. 329. — Estribo.

La figura 332 muestra este último estribo en perspectiva caballera.

El brochal que acabamos de examinar, que lleva un extremo sobre

el muro, debe estar provisto de una cola de carpa para empotrar en la mampostería, quedando así anclado.

El ensamblaje de las viguetas al brochal se ha hecho, en nuestro ejemplo, a cola de milano (fig. 333), pero puede emplearse cualquier otro procedimiento. Véanse nuestras figuras 12 a 27.



Figs. 330 y 331. — Estribo.

Un brochal puede asimismo corresponderse con un hueco, sea para no fatigar las dovelas, si se trata de un arco de fábrica, o bien para no imponer una carga demasiado grande a un dintel.

La figura 334 representa un brochal apoyado en cada extremo sobre las viguetas embrochaladas. Está sostenido, además de las espigas, por medio de estribos, como en el caso precedente.

Cabestrillo. — Es un brochal de madera que forma parte de la rejilla metálica dispuesta en un suelo para establecer el atrio de una chimenea, evitando la proximidad de las viguetas de madera (fig. 335).

Se ve que, así dispuesto, el *cabestrillo* no se distingue del brochal

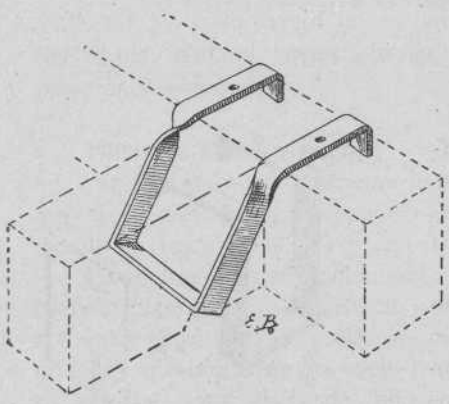


Fig. 332. — Estribo.

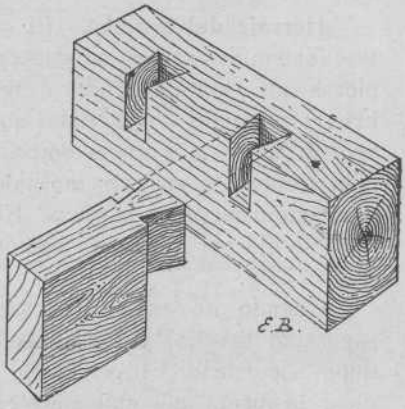


Fig. 333. — Ensambladura de viguetas.

más que por el mayor alejamiento del muro, siendo generalmente 1 m. esta separación, pero varía naturalmente según la importancia de la chimenea, que puede reclamar una rejilla más o menos grande, y

también según que la chimenea se encuentre alojada en el muro o simplemente adosada.

Como el brochal que hemos visto antes, reposa éste sobre dos

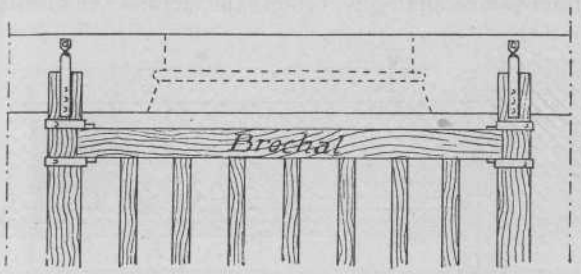


Fig. 334. — Brochal.

viguetas embrochaladas en las que se ensambla a caja y espiga, yendo además sostenido por estribos análogos a los descritos.

La rejilla metálica para la chimenea está formada por piezas de hierro cuadrado, llamadas también *brochales,* que reposan por un extremo en el cabestrillo y por el otro van empotradas en el muro.

La sección de estas piezas varía, según la luz, de 30 × 30 a 50 × 50 mm., y van acodadas dos veces en el lado del cabestrillo a

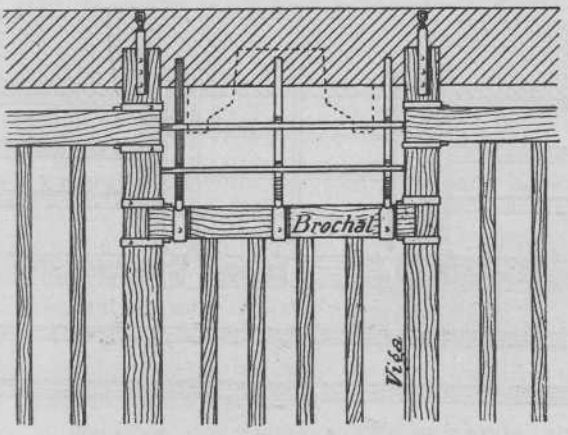


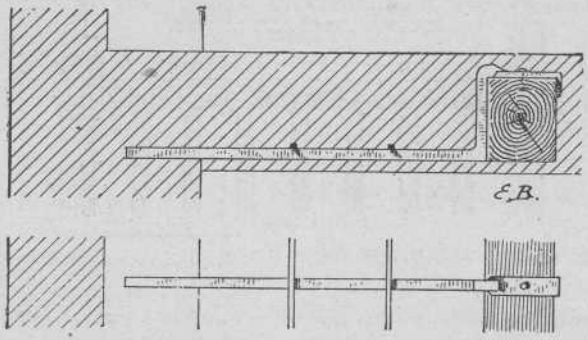
Fig. 335. – Cabestrillo.

fin de buscarles en éste un punto de apoyo sólido (figs. 336 y 337); por el otro extremo, van a veces simplemente cortadas y también provistas de una cola de carpa para el empotramiento.

Pero el cabestrillo no es paralelo al muro sino cuando las viguetas son perpendiculares a este mismo muro, pues en el ejemplo de la

figura 338, en que las viguetas le son paralelas, los cabestrillos, en número de dos ahora, son perpendiculares al muro y se distinguen completamente del brochal.

Para dimensiones análogas, el herraje viene a ser el mismo, pero



Figs. 336 y 337. — Brochal de rejilla.

debemos decir que, en ciertos casos, para una chimenea adosada, por ejemplo, y cuando tiene poco ancho, se ponen a veces brochales de cuadradillo acodados en cada extremo, apoyados sobre los cabestrillos y colocados paralelamente al muro.

La trama de la rejilla está formada por cuadradillos de 7 × 7

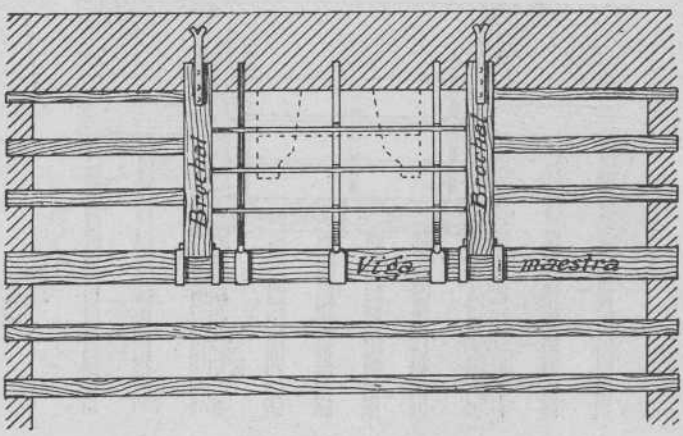


Fig. 338. — Cabestrillos.

a 9 × 9, apoyados sobre los brochales de hierro cuadrado y espaciados unos 20 cm.

Durante el trabajo conviene fijar los cuadradillos a los brochales por una ligadura de alambre, de forma que se impida el desplazamiento de estos elementos.

Suelos sobre vigas. — Cuando la menor dimensión de un techo es mayor de cuatro o cinco metros, o bien, si por cualquier causa precisa colocar las viguetas en el sentido de la mayor dimensión, puede ser ventajoso no aumentar la sección de las viguetas para responder a

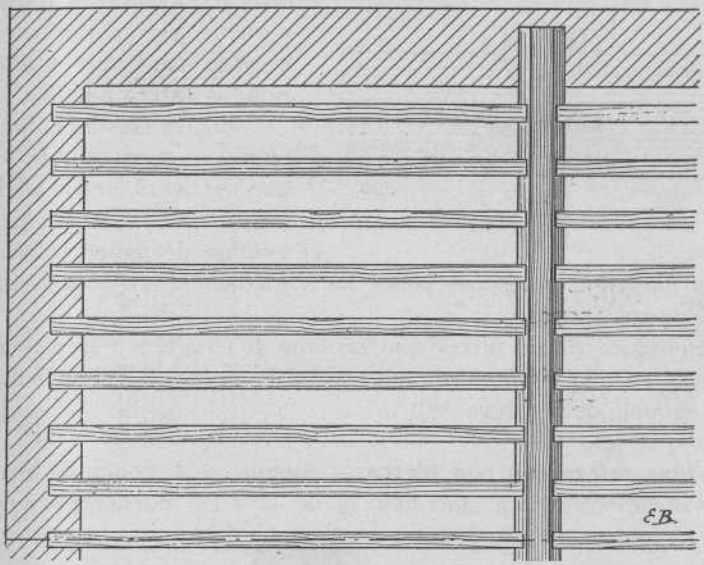


Fig. 339. — Suelo sobre viga.

una luz más considerable, sino más bien disminuir esta sección, así como su longitud, cortando la longitud del vano por vigas o durmientes (fig. 339).

Cuando, a causa del destino del local, no deba haber sofito aparente, es necesario alojar la viga en el espesor del suelo; esto limita forzosamente su altura y la coloca en condiciones de resistencia más desfavorables.



Fig. 340. — Viga.

La viga cortada en bisel (fig. 340) se obtiene frecuentemente cortando un tablón a lo largo en dos piezas y yuxtaponiendo, según indica nuestro dibujo, estas dos piezas obtenidas de fibras simétricas.

Van unidas entre sí por pernos a corta distancia para hacerlas perfectamente solidarias y que formen una sola pieza interesada por el trabajo a soportar por uno y otro lado.

El ensamblaje de las viguetas debe hacerse de forma que se corte la viga lo menos posible, para no debilitarla más que lo indispensable. El que indicamos es de caja y espiga, e interesa la viga sobre la línea

neutra, lo que es favorable a la resistencia, puesto que deja intacta la materia arriba y abajo, es decir, en los lugares en que trabaja en mejores condiciones; pero tiene el inconveniente, en el caso de viguetas ensambladas por las dos extremidades, de hacer más dificultosa la colocación. Es preciso, en efecto, para introducir la segunda espiga, colocar en su sitio todas las viguetas y empujar entonces la viga para que todas las espigas entren a fondo.

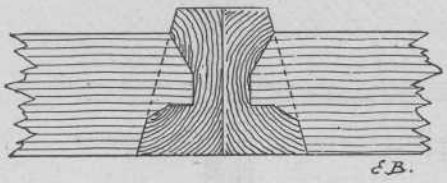


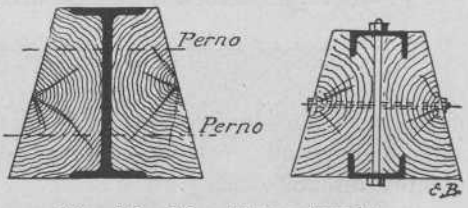
Fig. 341. — Viga.

Con la ensambladura de palma o apoyo, de la forma que se verá más adelante (figura 356), se tendría la ventaja de poder colocar en su sitio las vigas y después poner las viguetas, encajándolas simplemente en sus apoyos.

La figura 341 nos ofrece una variante de ensamblaje de la vigueta que daña poco la viga, pero que presenta la misma dificultad señalada en el ejemplo de la figura 340.

Vigas reforzadas con hierro. — Aunque se disponga de la altura de los durmientes para aumentar la de la viga, pueden presentarse casos en que la fuerza de ésta no sea suficiente.

Se puede entonces introducir entre las dos piezas de madera un perfil de acero y fijar el conjunto con pernos, como indicamos en la figura 342.



Figs. 342 y 343. — Vigas reforzadas.

O también colocar arriba y abajo, bien hierros planos, o hierros en ⊔, según la fuerza que se quiera obtener, apretándolos con pernos como se indica en la figura 343.

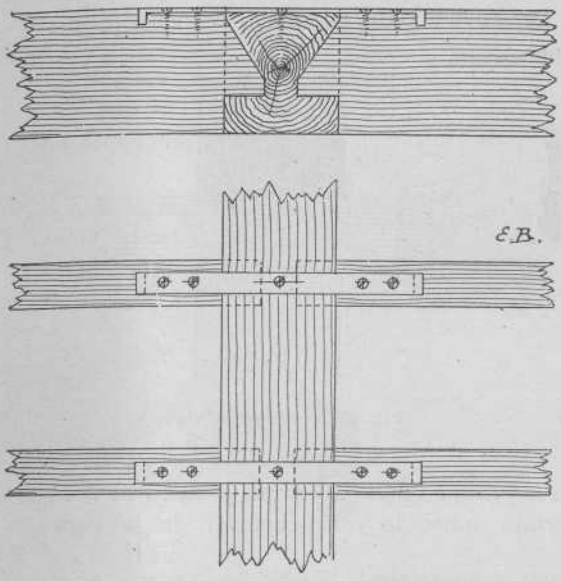
Estos procedimientos de refuerzo son aplicables a las vigas cuadradas o rectangulares; además, se pueden emplear los indicados para los pies derechos.

Ensambladura con bridas. — Es un medio costoso, desde luego, pero proporciona un excelente encadenado. Las viguetas, ensambladas a palma sobre las vigas, van además unidas entre sí por bridas de talón sujetas con tornillos (figs. 344 y 345).

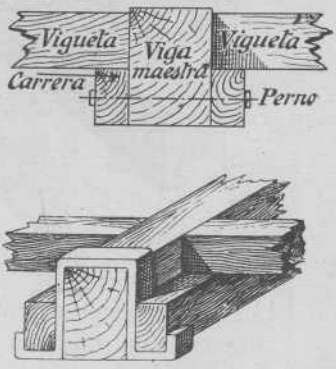
Apoyo sobre durmientes. — Cuando se puede dejar que la viga forme saliente por debajo, puede conseguirse un excelente apoyo para

las viguetas. Basta con añadir por cada cara de la viga un durmiente, fijando ambos con un perno (figura 346).

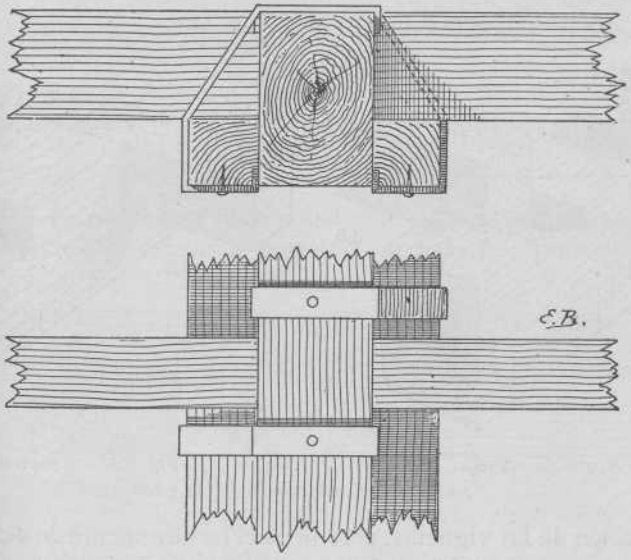
Mejor aún es hacer que los dur-



Figs. 344 y 345. — Ensambladura con bridas.



Figs. 346 y 347.
Apoyo sobre durmientes.



Figs. 348 y 349. — Apoyo sobre durmientes.

mientes descansen sobre estribos, como dibujamos en la figura 347.

Si se teme una deformación del estribo, aunque no parece probable, se puede emplear el semiestribo de las figuras 348 y 349.

Apoyo de viguetas. — La viga queda enteramente saliente por debajo y las viguetas descansan sencillamente en la parte superior de aquélla, donde se fijan con clavijas o clavos (fig. 350). En este ejemplo, las viguetas van al tope.

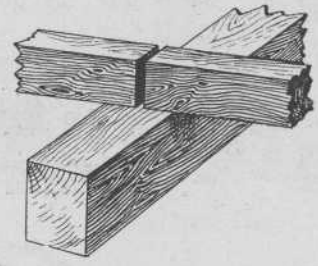


Fig. 350. — Apoyo de vigueta.

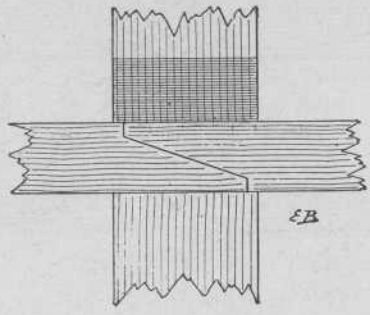


Fig. 351. — Apoyo de vigueta.

Puede hacerse también la junta en pico de flauta y siempre descansando sin ninguna mortaja sobre la cara superior de la viga (figura 351).

El apoyo con mortaja de la figura 352 tiene la ventaja de fijar bien

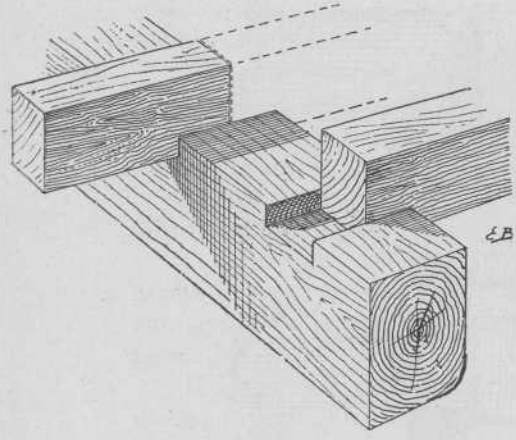


Fig. 352. — Apoyo de vigueta.

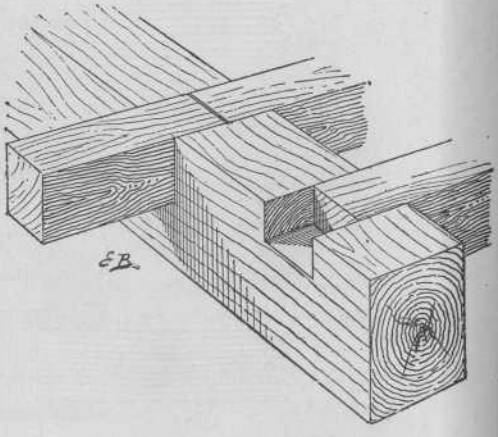


Fig. 353. — Apoyo de vigueta.

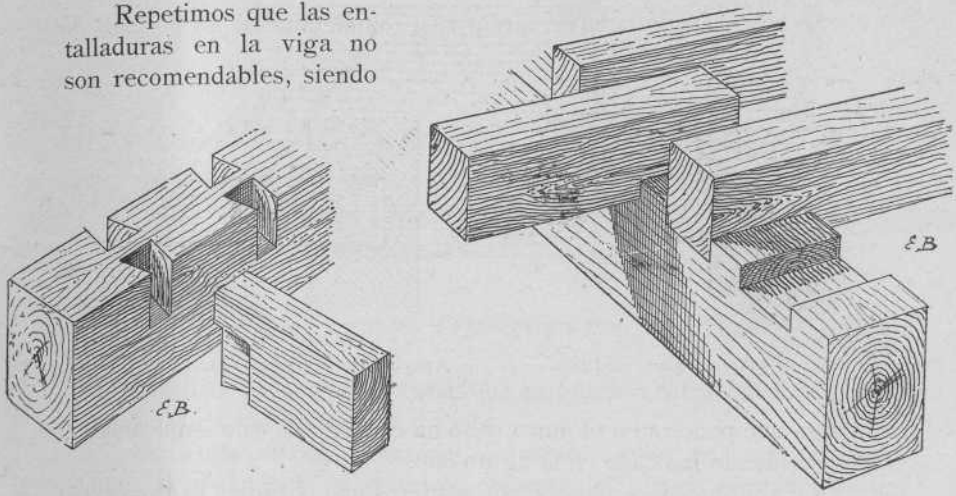
la separación de las viguetas, pero tiene el inconveniente de debilitar la viga. Preferimos escoplear solamente la vigueta.

También con junta de viguetas en el centro de la viga, pero con entalladuras en la viga y en la vigueta, representamos en la figura 353 un suelo en el que la parte superior de las viguetas enrasa con la parte superior de la viga.

Con el procedimiento indicado en la figura 354, las viguetas forman saliente y van ensambladas a cola de milano.

La figura 355 nos muestra apoyos alternados, con entalladura en la viga únicamente.

Repetimos que las entalladuras en la viga no son recomendables, siendo

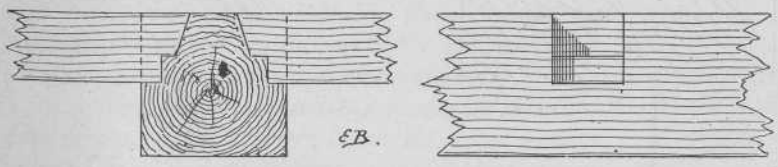


Figs. 354 y 355. — Apoyo de viguetas.

mucho más racional entallar solamente las viguetas, que no se debilitarán por ello, ya que la entalladura se encuentra en los apoyos.

Ensambladura de palma. — Aquí las viguetas enrasan con la cara superior de la viga y reposan en una mortaja de palma (figuras 356 y 357).

Apoyo de vigas. — Las extremidades de las vigas empotradas en la mampostería están sujetas a putrefacción bajo la influencia de la



Figs. 356 y 357. — Ensambladura de palma.

humedad de los muros y de la falta de ventilación que, de existir, sería propicia a su conservación.

Por esta razón se procura hacer descansar las vigas sobre modillones de piedra en forma que quede la madera libre por todas sus caras y en las mejores condiciones de sequedad (fig. 358).

Antiguamente se reservaba en la extremidad de la viga una cámara de aire, comunicando con el exterior por una o varias pequeñas aberturas, obteniéndose así una circulación de aire que conservaba seca la *entrada* de la viga (fig. 359).

Se ha ensayado también airear casi completamente la porción de

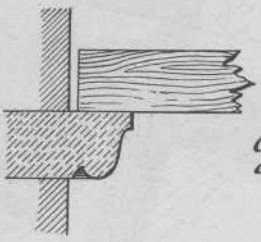


Fig. 358.
Apoyo sobre modillón.

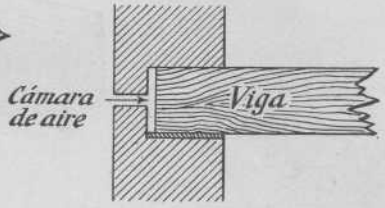
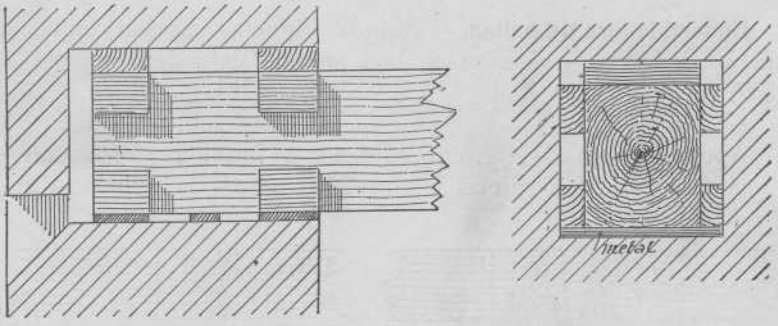


Fig. 359.
Apoyo de viga empotrada.

la viga que penetra en el muro, y se ha conseguido esto empleando el procedimiento indicado en la figura 360.

La ventilación se obtiene por agujeros que permiten la circulación del aire, del interior al exterior o recíprocamente, según las diferencias de temperatura.

En la extremidad de la viga se introducen cuñas de madera dura



Figs. 360 y 361. — Apoyo de viga.

o, si se prefiere, de metal, las cuales proporcionan contactos suficientes, dejando libre paso al aire (fig. 361).

Refuerzo o alivio de vigas.—Si se considera como empotrada una viga que penetra en un muro, se comprenderá que, doblándola en el sentido de la altura, como se indica en la figura 352, se obtendrá una resistencia mayor; pero para llegar a este resultado es preciso tomar todas las medidas necesarias para impedir el deslizamiento de las piezas

una sobre otra, y opinamos que, además del estribo empernado, sería

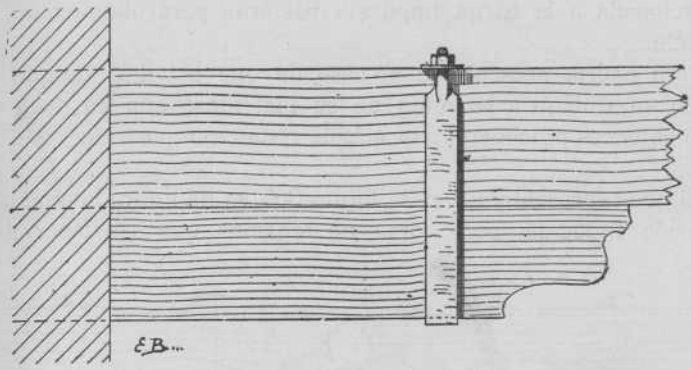


Fig. 362. — Alivio de una viga.

bueno colocar lo menos dos cuñas que asegurasen el trabajo simultáneo de las dos piezas, superior e inferior.

Aun en la *entrega* o entrada, se puede aliviar una viga aumentando su resistencia al esfuerzo cortante, al mismo tiempo que se

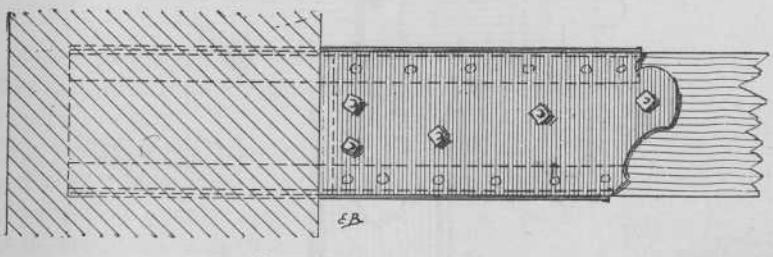


Fig. 363. — Entrega de viga.

toman las precauciones necesarias para impedir la destrucción de la madera (fig. 363). La ventilación puede establecerse, como para los empotramientos de las figuras 359 y 360, por aberturas que comuniquen con el aire exterior.

La figura 364 muestra la sección de la armadura de chapas y angulares destinada a reemplazar la parte de madera que hubiese constituído el empotramiento.



Fig. 364.
Entrega de viga.

Alivios intermedios. — El caso más ordinario consiste sencillamente en interrumpir la luz de la viga en su centro por medio de un punto de apoyo vertical con sección y cimentación suficientes para soportar la mitad de la carga total repartida en toda la longitud de la viga.

Un simple pie derecho provisto de un rejón en lo alto para impedir el desplazamiento lateral, poco probable, y una cimentación proporcionada a la carga impuesta bastarán para obtener un buen resultado.

Pero podría presentarse el caso de que la viga, aunque reducida en su trabajo a la mitad de su luz, fuese aún un poco débil. Puede entonces procederse por simple refuerzo o por refuerzos superpuestos.

El que representamos en la figura 365 se ha figurado aquí de una dimensión reducida, pero como no tenemos que satisfacer ningún

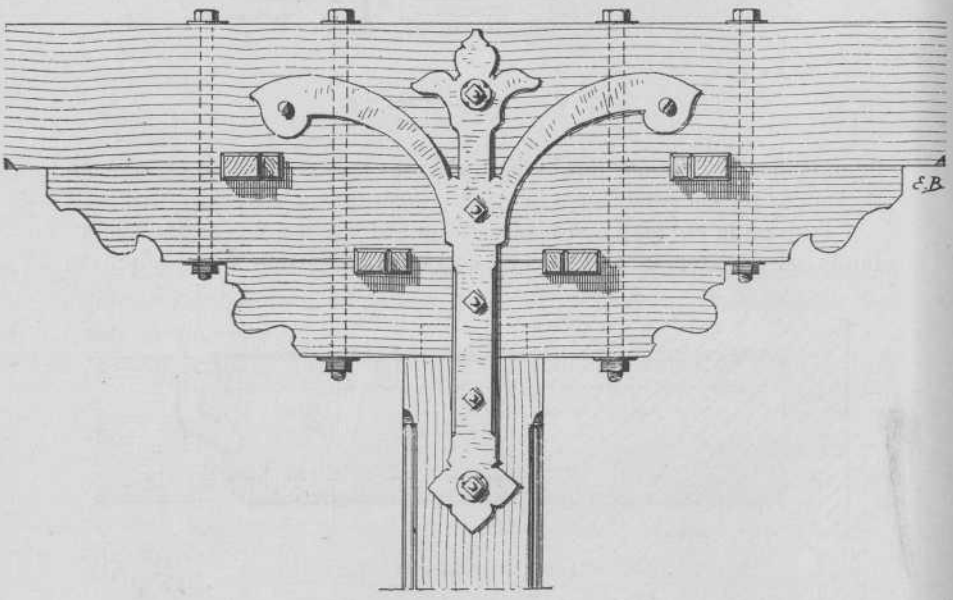


Fig. 365. – Refuerzo de viga.

dato exacto, le hemos dado poca importancia para encerrarnos en los límites del dibujo, pudiendo darse a las piezas que componen este refuerzo la longitud necesaria para satisfacer las exigencias de un caso cualquiera.

Como se ve, el refuerzo se ha obtenido por medio de dos piezas superpuestas. El deslizamiento de una pieza sobre la otra en caso de flexión se impide por los pernos, que aseguran un rozamiento considerable, y por el claveteado, que se opone a todo desplazamiento paralelo.

Lateralmente, hemos figurado una brida ornamental sobre cada cara y el conjunto sujeto con pernos. Estas bridas deben hacerse de hierro de 80 × 9 ó de 80 × 11.

También se puede recurrir al metal, como representamos en las figuras 366 y 367.

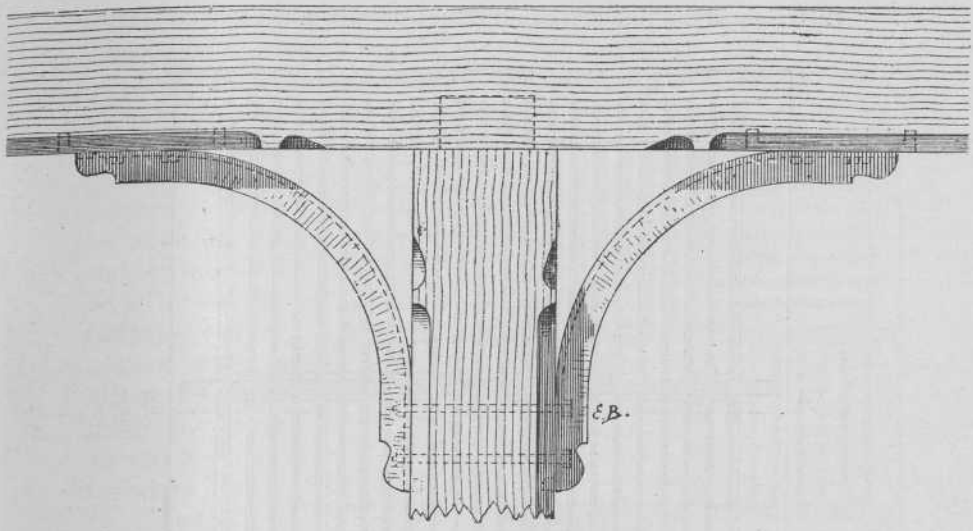


Fig. 366. — Refuerzo de viga.

Hemos empleado un hierro ⊔, pero también se podría emplear un hierro plano, o mejor aún un cuadrado de sección apropiada.

La forma curva adoptada es elegante, pero se encontraría más resistencia haciendo las ménsulas rectas, porque se evitaría así la flexión que no puede dejar de producirse sobre una pieza curvada.

Para hacer el refuerzo eficaz, hemos ensayado impedir todo movimiento montando la ménsula sobre bridas de talones, como se ve en la parte superior, y para la inferior, hemos indicado una variante en la cual el talón sale de la misma ménsula.

El sistema puede fijarse con pernos o simplemente con tirafondos.

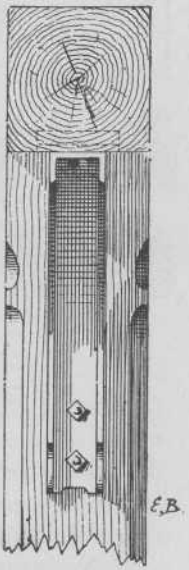


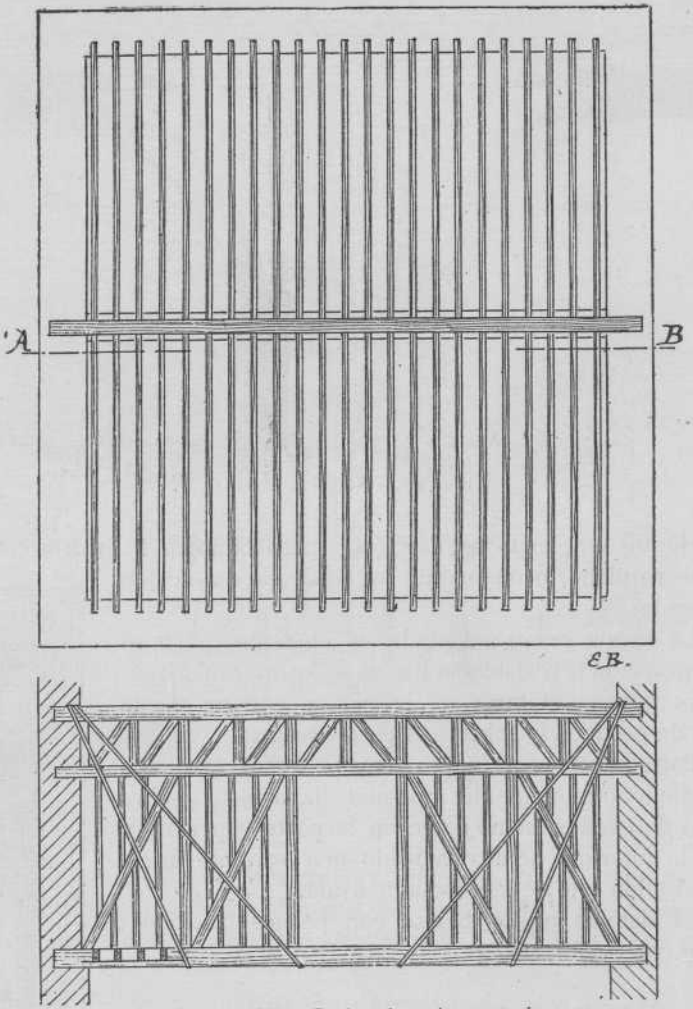
Fig. 367.
Refuerzo de viga.

Suelos compuestos de maderas cortas. — Suelo sobre viga. — Al estudiar los entramados de madera, hemos mostrado que, en bastantes casos, se podía hacer de un entramado vertical una verdadera viga de gran altura. En las figuras 255 y 256 se dan algunos ejemplos.

Hemos pensado que sería posible utilizar la distribución de un piso superior para constituir vigas que soportasen vigue-

tas, de manera que se conservase en el piso inferior el local enteramente libre de salientes o pies derechos, es decir, un gran espacio disponible.

Bien entendido, que una combinación de este género nó es siempre



Figs. 368 y 369. — Suelo sobre viga armada.

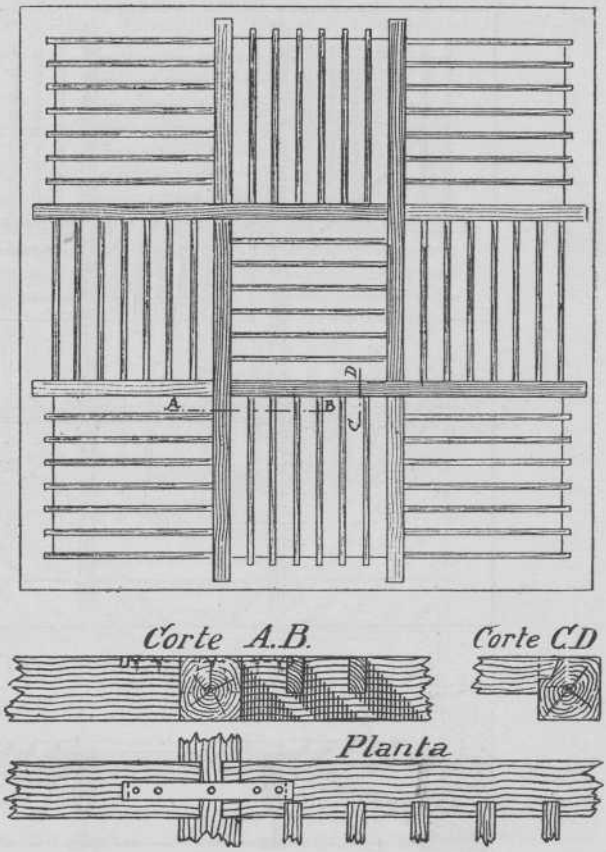
realizable, pero aunque no sirviese más que en una ocasión, nos ha parecido conveniente mencionarla.

Nuestras figuras 368 y 369 son un poco esquemáticas, pues hemos supuesto un gran espacio cortado solamente en dos, pero se podría aplicar el principio a una distribución de tabiques, todos los cuales contribuirían a la solidez del conjunto.

Haremos observar que se puede colocar una viga armada perpendicularmente a otra y atravesándola, formando cruz, sin que uno de estos entramados imponga al otro la menor fatiga. Pueden cruzarse sin dejar de permanecer independientes, pudiendo trabajar cada entramado separadamente y llegar de un muro al otro.

Para obtener este resultado, basta con no cortar las carreras y soleras al encuentro del entramado transversal, sino solamente hacerlas pasar por encima o por debajo de las de este entramado, y triangularlas como se indica en la figura 369, que es una sección de la figura 368 por *AB*.

Como sólo se trata de documentar o emitir ideas, hemos indicado sobre esta última figura el posible empleo de una viga del género de las representadas en las figuras 302 y 304, cuando lo permite la altura disponible sobre las puertas.

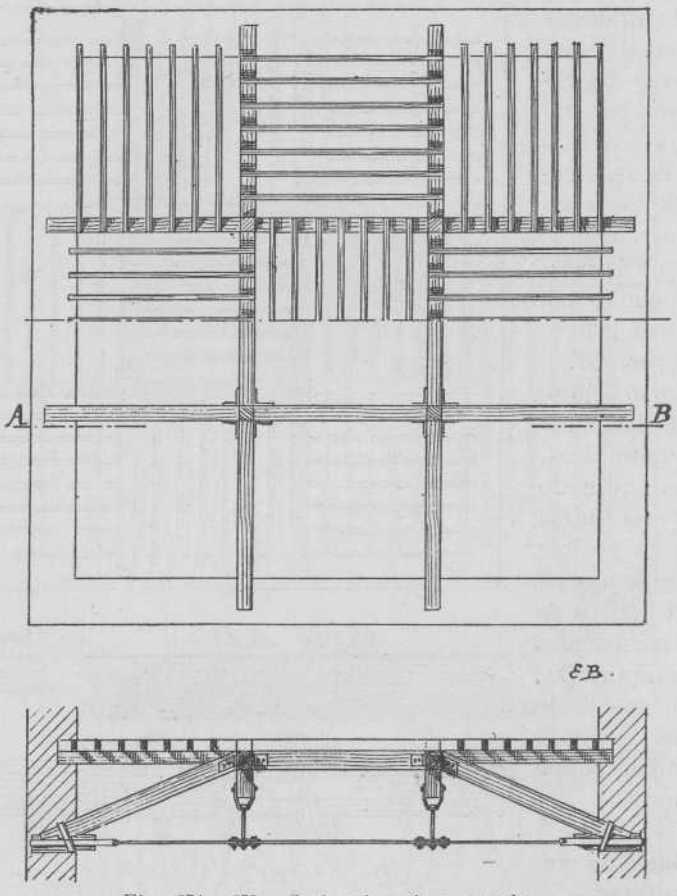


Figs. 370 a 373. — Suelo de maderas cortas.

Suelo de maderas cortas.—Se puede llegar a cubrir espacios bastante grandes con maderas de longitud relativamente pequeña, poco más de los dos tercios de la dimensión de la sala, tomando la disposición indicada en las figuras 370 a 373. Este suelo cuadriculado está compuesto, en cuanto a vigas, por cuatro piezas de una longitud igual a los dos tercios de la luz, más el apoyo necesario sobre el muro, viniendo a apoyarse cada pieza sobre la colocada anteriormente y ensamblándose sobre ella por medio de una muesca o caja de apoyo con palma hacia arriba (figs. 371 y 373: corte *AB* y planta).

Las viguetas van ensambladas según la indicación de la figura 372 (sección *CD*).

Suelo de maderas cortas con vigas armadas.—Siempre en la hipótesis de un gran salón y cuando se puede disponer de una altura suficiente, pueden emplearse exclusivamente maderas que tengan poco



Figs. 374 y 375.—Suelo sobre vigas armadas.

más de un tercio del ancho de la sala, empleando para cada viga una disposición análoga a la representada en la figura 300.

Cuatro vigas armadas se entrecruzan y soportan las viguetas (figs. 374 y 375). La figura 375, sección *AB*, muestra la elevación de una viga y la posición de las viguetas.

Haremos observar que en esta disposición todas las vigas están completas y trabajan lo mismo; no reposan una sobre otra, sino que están solamente a tope, lo que hace que, deducida la carga que insiste

sobre los muros, quede para cada viga una cuarta parte de la carga restante que se ha de soportar.

Suelo de maderas cortas.—Una antigua combinación de suelo de maderas cortas consiste en colocar primeramente vigas sobre los ángulos, enlazándose, como en nuestro dibujo, o distantes una de otra para disminuir la luz. Después vienen a apoyarse sobre estas vigas otras piezas paralelas a los muros; otras aún vienen a guarnecer las esqui-

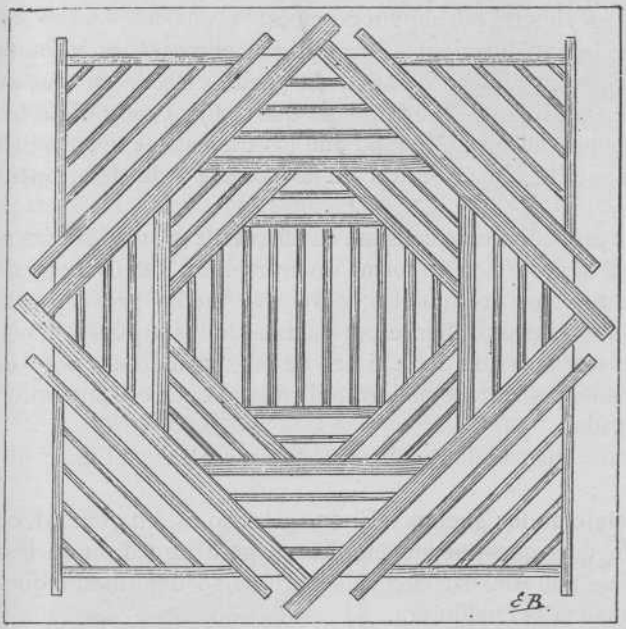


Fig. 376. — Suelo de maderas cortas.

nas, y así sucesivamente, siempre paralelas a los muros o a las diagonales (fig. 376).

Esta disposición es más ingeniosa que práctica. Los esfuerzos de flexión, que son poco considerables hacia el centro, van aumentando a medida que nos aproximamos a los muros y se adicionan para hacerse muy importantes sobre las piezas que guarnecen los ángulos.

Además, este género de suelo necesita numerosas ensambladuras en bisel, lo que hace la mano de obra más onerosa, y, en suma, no puede ser recomendable.

Entretejido de las viguetas.—Nunca se puede conocer con certeza el estado de sequedad de la madera; además, las viguetas obtenidas por el aserrío de grandes piezas tienen sus capas en un sentido cual-

quiera, según el azar del troceado. Resulta de aquí que las maderas tienen una tendencia a viciarse y a contrariarse.

En el caso de suelos ordinarios, de pequeños vanos, cuando las viguetas van por lo menos recubiertas de un entarimado y están enlatadas y formando techo inferiormente, se encuentran sostenidas y no pueden volcarse. Pero cuando las viguetas son largas y altas, tienen una tendencia a atormentarse y retorcerse.

Es entonces prudente entrecruzar las viguetas a distancias de unos dos metros por tablas cortadas a lo largo de los espacios entre viguetas y fijarlas en su sitio por medio de tacos.

Cuando hay durmientes, éstos ligan entre sí las viguetas eficazmente; pero cuando no existen, se puede colocar en una cara de los travesaños un trozo de hierro plano que se fija a cada vigueta e impide su separación, al mismo tiempo que los travesaños se oponen a su aproximación: se llega así a evitar en lo posible toda deformación de las viguetas.

Otro procedimiento consiste en entrecruzar las viguetas por medio de una tabla recortada en forma de cremallera, cuyos dientes penetran en los intervalos de aquéllas; pero este medio presenta el inconveniente de formar un saliente por encima de las viguetas y no se puede casi disponer más que de la altura de los durmientes; pero cuando no hay durmientes, la cremallera aplicada al entrecruzamiento no puede ser utilizada.

Véanse más adelante nuestras figuras 2169 a 2172.

Anclaje de los suelos.—El encadenado es, en general, el conjunto de los medios que pueden emplearse para impedir que los muros o paredes de una construcción se separen o se deformen bajo la influencia de una causa cualquiera.

El anclaje es el medio empleado para fijar sólidamente a los muros las extremidades de las piezas que forman el encadenado, o de las que, teniendo otro empleo, son sin embargo susceptibles de concurrir al encadenado general.

Anclaje de madera. — Este anclaje no se emplea apenas más que en las construcciones de entramados de madera.

Puede, en cierto modo, contribuir a la decoración, pero resulta muy expuesto a la intemperie y está condenado a una rápida destrucción.

El ejemplo que damos en la figura 377 es la aplicación de lo que hemos dicho precedentemente al hablar de la utilización de las viguetas de madera para contribuir al encadenado.

Una edificación cualquiera no está nunca demasiado encadenada, y precisa aprovechar todas las circunstancias que permitan alcanzar este objeto.

En el caso que nos ocupa, se dejan sobresalir dos viguetas entre las cuales se coloca el ancla, apretada contra las carreras por una chaveta en cuña.

Para colocar en su sitio el ancla e impedir su deslizamiento, se ha colocado por detrás un taco entre las dos carreras.

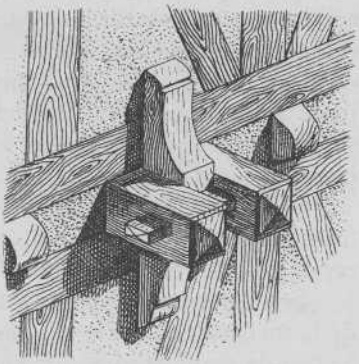


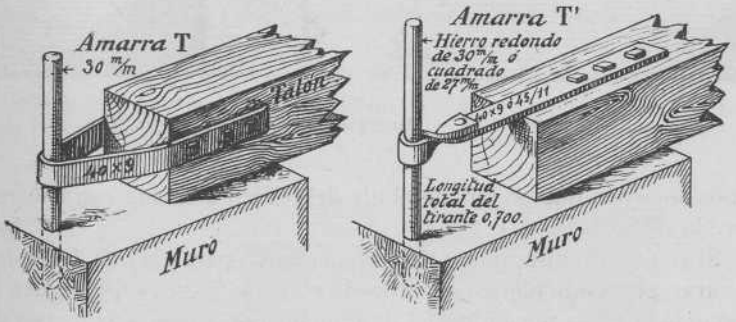
Fig. 377. — Anclaje de madera.

Anclajes de hierro. — Convienen especialmente para las construcciones de albañilería, pero no hay obstáculo en aplicarlos a los entramados de madera, y bastaría para ello emplear anclas aparentes con un aspecto decorativo.

El anclaje más comúnmente empleado tiene la forma que indicamos en la figura 379, está compuesto de una brida de talón, fija por tirafondos sobre la pieza de madera y en cuya extremidad exterior se ha forjado un ojal para recibir el ancla de hierro redondo.

La brida o tirante de ancla se hace ordinariamente de hierro de 40 × 6 ó 50 × 9 y su longitud varía entre 60 y 70 cm.

El ancla se hace de hierro redondo de 30 mm. o de hierro



Figs. 378 y 379. – Anclajes de hierro.

cuadrado de 25 ó 30, variando su longitud, según los casos, entre 25 y 50 cm.

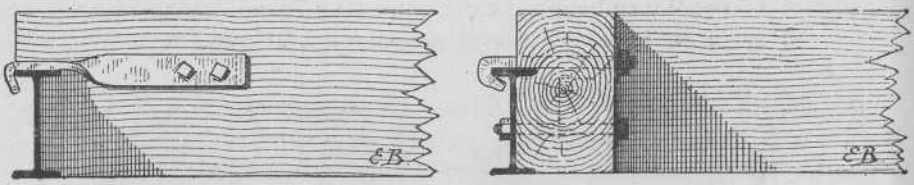
Otra forma es la que se representa en la figura 378. Es un estribo propiamente dicho, provisto en sus extremos de talones que penetran en la madera. Este anclaje se fija igualmente por medio de tirafondos, y sus dimensiones son las mismas que las del ejemplo anterior.

Suelos de madera y hierro.—Nos abstendremos de estudiar los suelos en que ciertas partes son de metal y otras de madera porque opinamos que esta mezcla no tiene razón de ser y que conviene construir francamente los suelos enteramente de madera, o enteramente de hierro, contentándose en el primer caso con emplear el metal para las rejillas y para reforzar las piezas cuya escasa altura no permite darles la resistencia necesaria. Por lo demás, bastará decir que cuando se emplean hierros doble T al mismo tiempo que viguetas de madera, es junto a las chimeneas, paralela o perpendicularmente a los muros, según que el conjunto de las viguetas tenga una u otra de estas posiciones.

El hierro puede también emplearse como refuerzo para soportar un tabique o como brochal delante de las aberturas en el suelo, pero repetimos que creemos preferible hacer éste completamente metálico.

Sea como sea, vamos a examinar algunas formas de ensamblajes de la madera con el hierro, que permitirán estudiar un suelo mixto, si se han de emplear forzosamente los dos materiales.

Ensambladura sobre hierro I.—Si el hierro I es menos alto que la madera que se ensambla con él, se escoplea la pieza de madera como se indica en la figura 380, para formar un apoyo, se coloca lateral-



Figs. 380 y 381. — Ensamblaje de madera y hierro.

mente un arpón que enganche el ala del hierro y se fija con tirafondos sobre la madera.

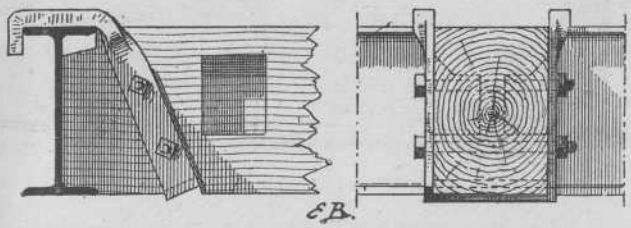
Si se quiere ensamblar al hierro una pieza paralela que deba soportar otras perpendiculares, se procede como se indica en la figura 381, sujetando la pieza por un perno de gancho por arriba y un perno ordinario por abajo.

Si el perfil de hierro tuviese la misma altura que la madera que le acompaña, se fijaría por medio de dos pernos y se situaría en la parte superior un gancho plano que sujetaría el ala del hierro, pasaría sobre la madera, a la cual se fijaría, y se volvería hacia abajo por medio de un codo en escuadra.

Ensamblaje de estribo. — Con la única diferencia de apoyarse el estribo sobre un hierro, es ésta una solución análoga a la que hemos

visto en las figuras 330, 331 y 332, para ensamblar los brochales o cabestrillos sobre las viguetas embrochaladas (figs. 382 y 383).

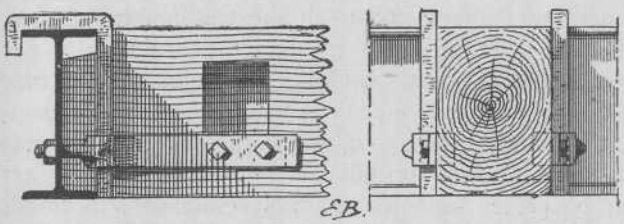
Se observará que para permitir la instalación, precisa escoplear la madera por arriba a fin de que sea posible su entrada entre las alas del



Figs. 382 y 383. — Ensamblaje de madera y hierro.

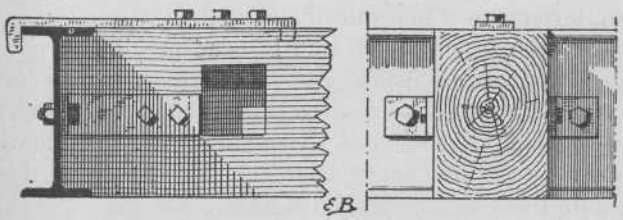
hierro. Para impedir toda posibilidad de que salga del hierro sobre el cual va unido, el estribo se fija a la madera por medio de tirafondos.

Otro procedimiento consiste en emplear un estribo de hierro cua-



Figs. 384 y 385. — Ensamblaje de madera y hierro.

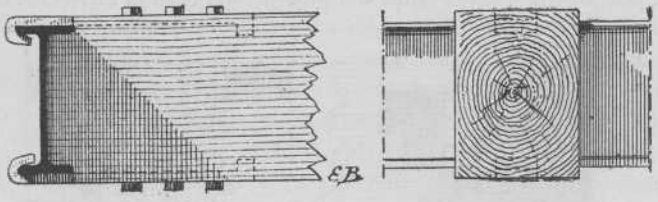
drado embutido en la parte inferior de la madera, manteniendo sujeto el conjunto con un perno terminado en brida de talón y fijo con tirafondos (figs. 384 y 385).



Figs. 386 y 387. — Ensamblaje de madera y hierro.

Ensamblaje de escuadras y grapa. — En este ensamblaje, la pieza de madera va escopleada por arriba y por abajo, para que penetre hasta el alma del hierro, y luego va ensamblada a éste por dos escuadras de talón por los lados y una brida o grapa en la parte superior (figuras 386 y 387).

Ensamblaje con grapas. — Por último, se puede también obtener solidez suficiente colocando arriba y abajo bridas con gancho y talón, según la indicación de las figuras 388 y 389.



Figs. 388 y 389. — Ensamblaje con grapas.

Con lo visto hasta aquí, tenemos ya casi todo lo necesario en materia de ensamblajes para suelos, y estos ejemplos bastarán para facilitar la investigación de otras soluciones que la práctica exija.

Techos y artesonados

«Lo que hoy llamamos *techo* en nuestras construcciones, es decir, este viguerío a nivel, enlatado y enlucido por debajo, y presentando una superficie plana, no existía en la edad media, por la razón de que el *artesonado* no era más que la apariencia de la construcción verdadera del suelo, compuesto de vigas y viguetas aparentes, más o menos ricamente molduradas y aun talladas o esculpidas. Estos artesonados figuraban así partes salientes y otras reforzadas, formando cajones algunas veces, los cuales se decoraban con molduras y pinturas...

»Los enlucidos sobre enlatado bajo los suelos tienen el inconveniente grave de privar a las maderas del aire que necesitan para su conservación, calentarlas y provocar su putrefacción. Las maderas abandonadas al aire seco pueden conservarse durante siglos; encerradas en una capa de yeso, sobre todo si no están extremadamente secas, se alabean, fermentan y se reducen a polvo...

»El techo no era, pues, durante la edad media más que el suelo, siendo la construcción de éste la que daba forma y apariencia al techo; no se les ocurrió nunca a los maestros de dicha época la idea de revestir la parte inferior del suelo con abovedados, compartimientos y cajones de madera o de yeso, sin relación con la combinación de la verdadera estructura del suelo.» (Viollet-le-Duc.)

Durante el período ojival y del Renacimiento se han hecho muchos techos o suelos con maderas aparentes, como acabamos de decir. Algunos de éstos, como se les quiera llamar, estaban formados enteramente por piezas brutas y aun no siempre derechas. Todavía se pueden ver algunos de estos techos, que presentan un aspecto rústico.

Pero con la necesidad de lujo que se produce en todas las sociedades cuando llegan a un cierto grado de civilización, se ha pensado

en que estas vigas y viguetas, rectificadas y trabajadas, proporcionarían un rico decorado, y que, ayudadas por la pintura, constituirían hermosos techos compuestos de huecos y salientes, debidos, en suma, únicamente al esqueleto constructivo del suelo, utilizado racionalmente para obtener una decoración bella y verdadera.

Los más sencillos de estos suelos aparentes o artesonados se obtienen por un simple viguerío cuando la luz, relativamente restringida, pueda ser franqueada con seguridad por las viguetas solas.

Suelos aparentes compuestos de viguetas. — Lo mismo que para

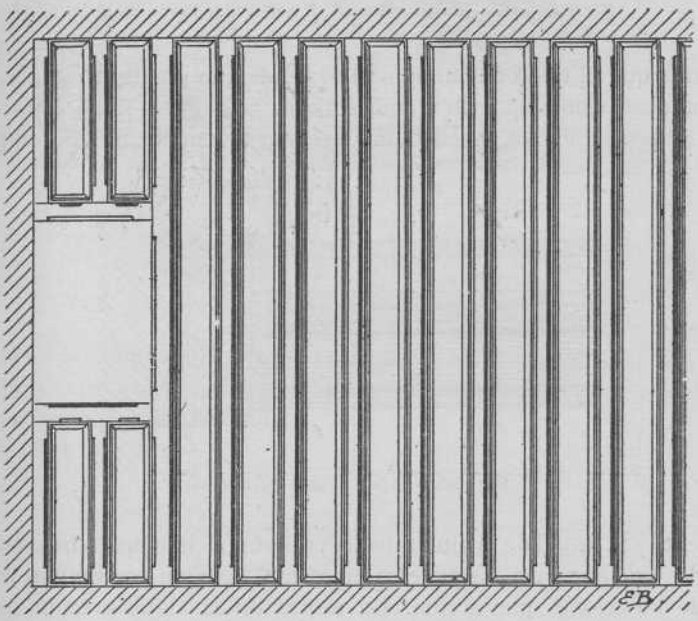


Fig. 390. — Suelo aparente.

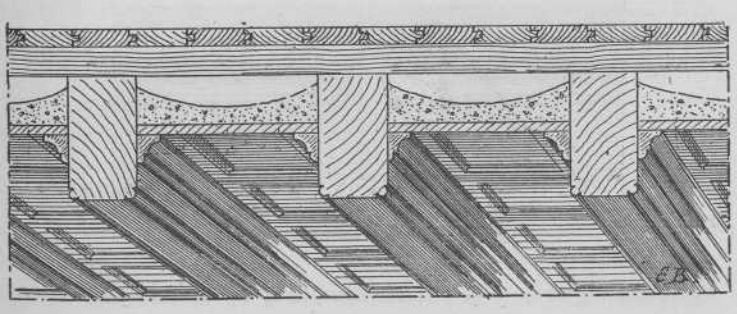


Fig. 391. — Sección transversal.

los suelos descritos anteriormente, se construyen los suelos aparentes,

cuando lo permiten las dimensiones de la pieza, con viguetas apoyadas en los muros o en durmientes unidos al muro (fig. 390).

El emplazamiento de la chimenea está completamente macizado,

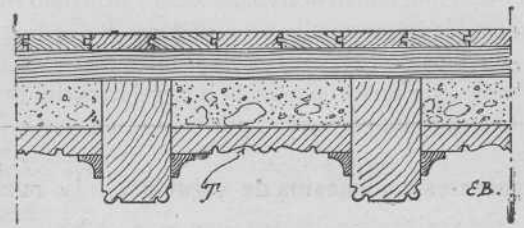


Fig. 392. — Sección transversal (T, artesón de barro cocido).

mientras que el resto del suelo no lleva más que un ligero espesor de relleno destinado a hacerlo menos sonoro.

La figura 391 nos muestra una sección del suelo. Se ve que próxi-

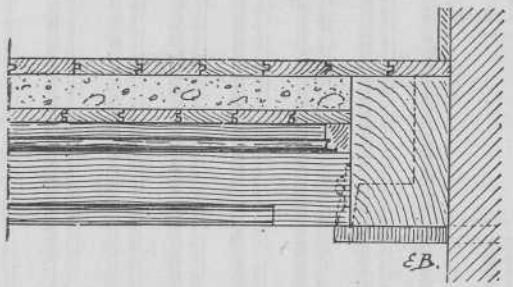


Fig. 393. — Apoyo sobre durmiente.

mamente a la mitad de la altura de las viguetas se han fijado listones moldurados que soportan los paneles en forma de cajón por debajo y rellenos de mezclones por arriba. La altura de las latas crea un espacio

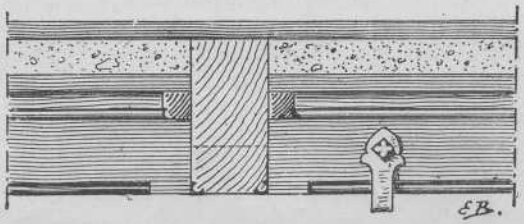


Fig. 394. — Apoyo sobre durmiente.

libre entre las viguetas y el entarimado, muy apropiada para la conservación de las maderas.

En la figura 392 se indica una variante, en que se sustituyen por piezas de barro cocido decoradas los listones o cañizos que han de

soportar el forjado. En el caso presente, éste enrasa la parte superior de las viguetas, y las latas quedan incluídas en el forjado.

El apoyo sobre durmientes, preferible con mucho al empotramiento en los muros, puede hacerse como indica la figura 393. La

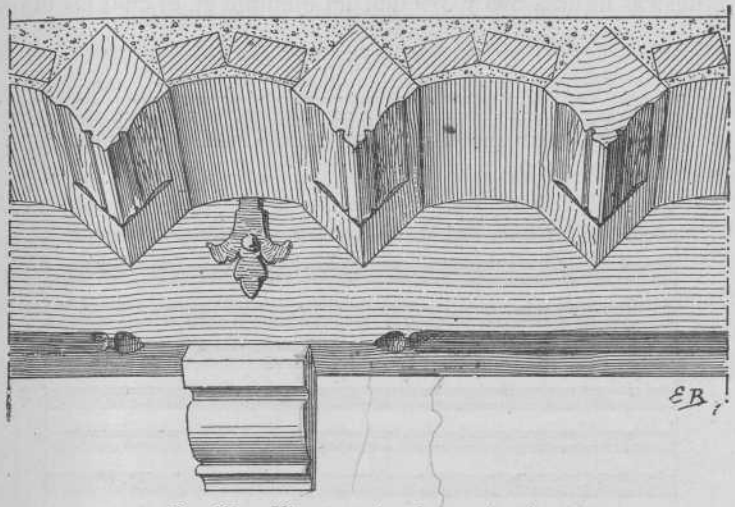
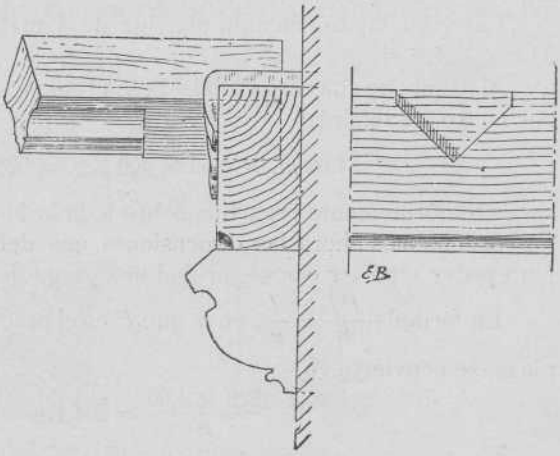


Fig. 395. — Viguetas colocadas por la arista.

figura 394 representa en corte la vigueta y el durmiente en vista o alzado. El durmiente está soportado por canecillos de piedra, o bien de hierro, como en nuestro dibujo, y recibe las viguetas en entalladuras donde se apoyan por espigas a palma.



Figs. 396 y 397. — Sección del durmiente y entalladura.

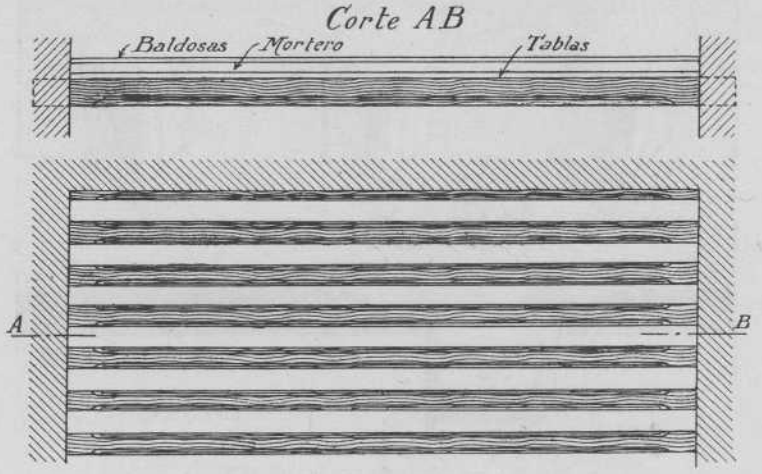
Se han hecho suelos colocando las viguetas sobre la arista. Esta disposición, poco recomendable desde el punto de vista de utilización de la resistencia de las viguetas, es favorable, por el contrario, para presentar un buen apoyo a bovedillas o paneles de cerámica estereotómicos.

En nuestro ejemplo de la figura 395 hemos figurado un dovelaje de ladrillo con enlucido inferior y forjado superior. El durmiente va colo-

cade sobre canecillos de piedra, y se impide su vuelco por grapones sellados que lo sujetan por la parte superior.

La figura 396 muestra el apoyo de las viguetas, y la 397 la entalladura practicada en el durmiente para recibir dicha vigueta.

Nuestras figuras 398 y 399 dan un ejemplo en el cual las viguetas



Figs. 398 y 399. — Techo artesonado.

constituyen toda la ornamentación. La figura 398, sección por AB, muestra la composición del piso.

Las viguetas tienen aquí una luz de 4 metros y están separadas 33 cm. entre ejes.

Si se supone una carga total—peso propio y sobrecarga—de 400 Kg. por metro, se tendrá:

$$4{,}00 \text{ m.} \times 0{,}33 \times 400 \text{ Kg.} = 528 \text{ Kg.}$$

carga uniformemente repartida sobre toda la longitud de la vigueta.

Calculemos ahora las dimensiones que deberá tener una vigueta para poder soportar con seguridad una carga de 528 kilogramos.

La fórmula $\frac{PL}{8} = \frac{I}{n}$, en la que P es el peso o carga y L la luz de la pieza, se convierte en:

$$\frac{528 \times 4{,}00}{8} = 264 \text{ Kg.}$$

Si ahora hacemos trabajar la madera a 50 kilogramos por centímetro cuadrado, se tomará el coeficiente 500000, designado en la fórmula por la letra R, y el valor $\frac{I}{n}$ se hará $\frac{PL}{8}$ dividido por R, o sea:

$$\frac{264}{500000} = 0{,}000528 = \text{valor de } \frac{I}{n} \text{ necesario.}$$

Nos basta, pues, con buscar una sección correspondiente a este valor, y nos encontramos ya calculada una madera de 0,10 × 0,18, cuyo valor es bastante aproximado a 0,000540.

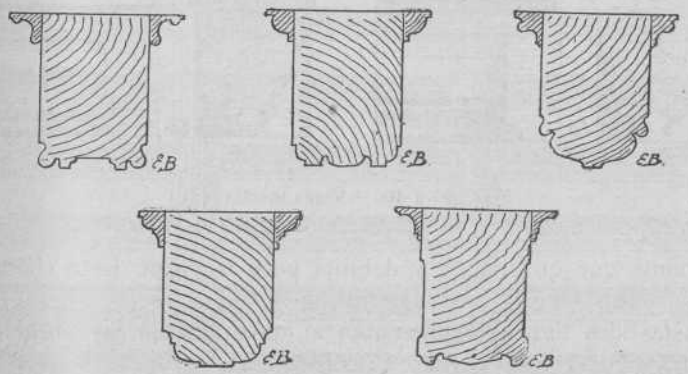
Una madera de 0,12 × 0,15, con módulo resistente de 0,000516, sería más ventajosa para el moldurado.

Se observará que en estos suelos se encuentran las viguetas muy próximas unas a otras, pero esto es prudente porque con la madera no se puede contar nunca seguramente, siendo su resistencia extremadamente variable según su savia, procedencia y también, diremos, según su estado de salud, porque las maderas están enfermas con frecuencia.

En nuestro ejemplo, las viguetas tienen 0,14 × 0,20, más fuertes, por tanto, de lo que sería necesario según el breve y ligero cálculo anterior. Pero hay que tener en cuenta que la vigueta, o pieza de madera cualquiera, calculada en toda su escuadría, no se encontrará ya en las mismas condiciones, una vez que, perfilada por molduras, se haya debilitado la pieza en proporciones más o menos considerables.

Para hacer comprender bien la verdad de lo que acabamos de decir, vamos a examinar algunas secciones de viguetas que mostrarán la cantidad de madera suprimida y que, por consiguiente, ya no trabaja, y nos servirá al mismo tiempo de ejemplo de diversos perfiles.

Vigas molduradas.—Se recomienda, para no debilitar con exceso las vigas o viguetas, escoger perfiles que supriman la menor cantidad posible de materia, de manera que la pieza conserve su sección casi entera. Desgraciadamente, el centro de la pieza, a la altura de la fibra neu-



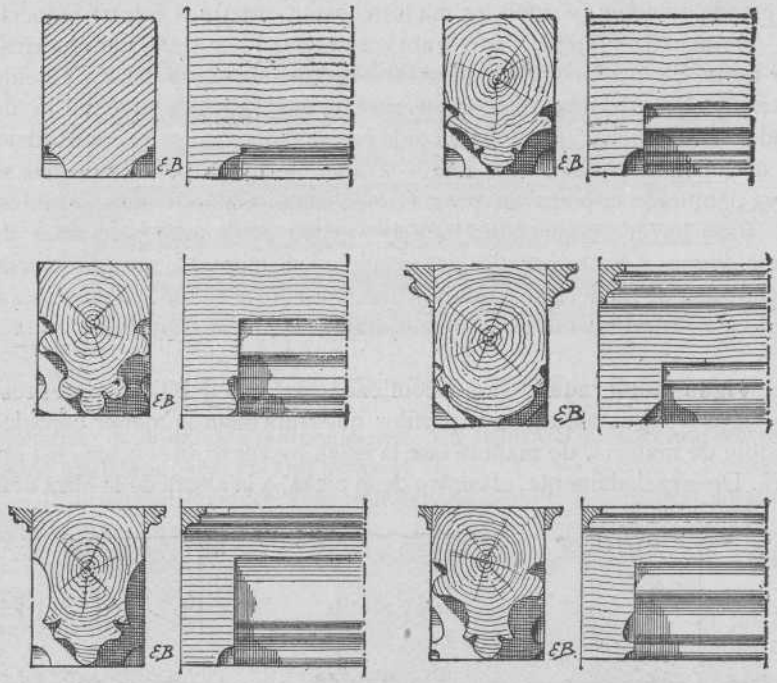
Figs. 400 a 404.—Vigas molduradas.

tra, no es el sitio más adecuado para formar las molduras, aun cuando en él sería mínima la pérdida de resistencia. Un techo se ve principalmente por debajo, y es por debajo donde conviene hacer las molduras.

En las figuras 400 a 404 hemos tratado de no quitar sino muy poca madera, poca más de la que exigiría un chaflán.

Hemos dispuesto las molduras formando encuadrado de cajones hacia arriba, pero se comprende que si se quiere hacer techo raso basta bajar las molduras superiores y utilizarlas como apoyo para el enlistonado o los paneles de cerámica.

Otros perfiles o secciones. — Cuanto menos importante es la moldura, más conserva su facultad de resistencia la viga y cualquier pieza en general. En las figuras 405 y 406 se ve que el perfil es apenas más



Figs. 405 a 416. — Vigas molduradas.

importante que un chaflán y debilita poco la pieza. Este chaflán se remata según indica la vista lateral (fig. 406).

Estas dos figuras representan a mayor escala las viguetas de la figura 398.

Las figuras 407 y 408 muestran en corte y vista lateral una vigueta moldurada y el remate de esta moldura. Se ve aquí ya el debilitamiento ocasionado por el perfil.

Aún se señala más este defecto en la vigueta representada por las figuras 409 y 410, pero mostrando también cuánto contribuye a la decoración este rico perfil.

Frecuentemente, para decorar los cajones alargados formados por

el viguerío, se añade a la parte alta de la viga y bajo el techo de tabla un pequeño marco moldurado cortado a inglete para formar los ángulos (figs. 411 y 412). El perfil indicado aquí es no solamente de un buen dibujo, sino aun más favorable a la resistencia de la vigueta, a la que perjudica relativamente poco.

La figura 412, vista lateral, nos muestra el remate del perfil y el ángulo del pequeño encuadramiento del cajón.

Otro ejemplo de perfil, que lleva igualmente el marco del cajón, se da en las figuras 413 y 414. La figura 413 enseña el perfil de la vigueta y del marco, y la figura 414 es la vista lateral indicando el remate del perfil.

Terminaremos estos ejemplos con las figuras 415 y 416, que dan aún una variante de perfil de viga y su remate.

Suelos aparentes sobre vigas maestras.—Cuando, en el caso contrario al que hemos visto en la figura 390, el ancho de una habitación es demasiado considerable para ser franqueado por viguetas, se recurre

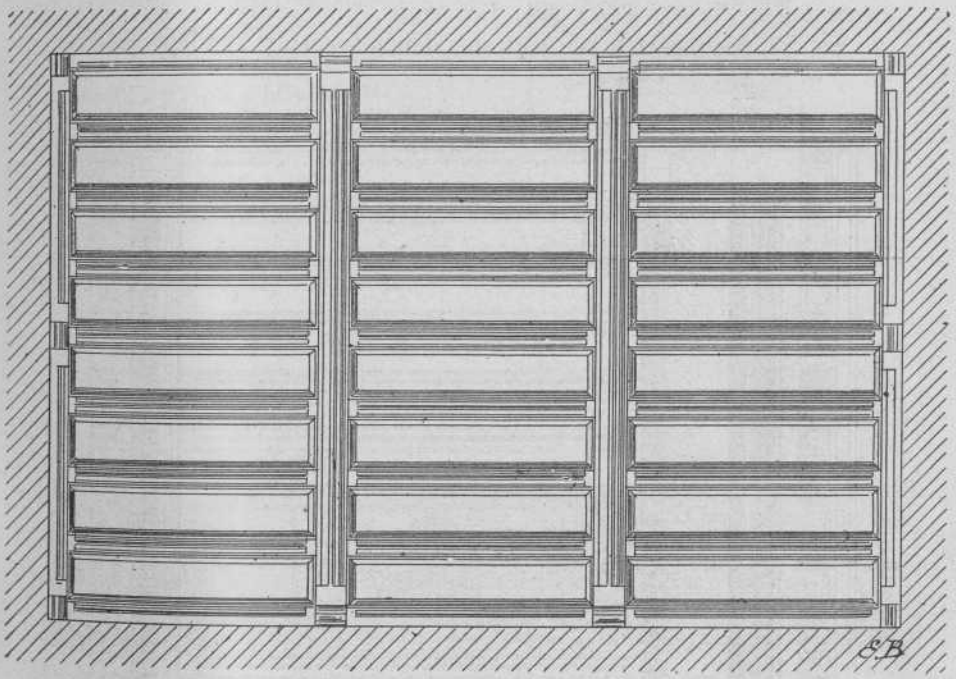


Fig. 417. — Suelo sobre vigas.

a vigas maestras o jácenas sobre las cuales viene a apoyarse el viguerío.

Las viguetas no deben ser demasiado largas, debiendo dárseles solamente una luz de 2,50 a 3,00 metros, pues de otro modo las

vigas resultarían muy recargadas y exigirían una sección enorme. Es, por tanto, más práctico colocar vigas relativamente ligeras y viguetas más cortas (fig. 417).

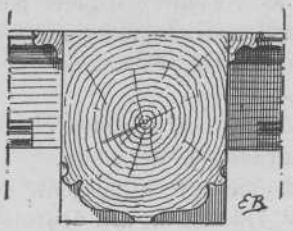


Fig. 418. — Sección de viga.

Las viguetas se ensamblan a palma cuadrada sobre las vigas y sobre las medias vigas (fig. 418), o durmientes fijos a los muros (fig. 419).

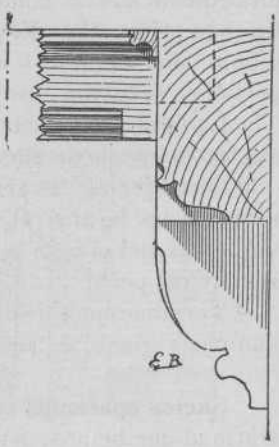
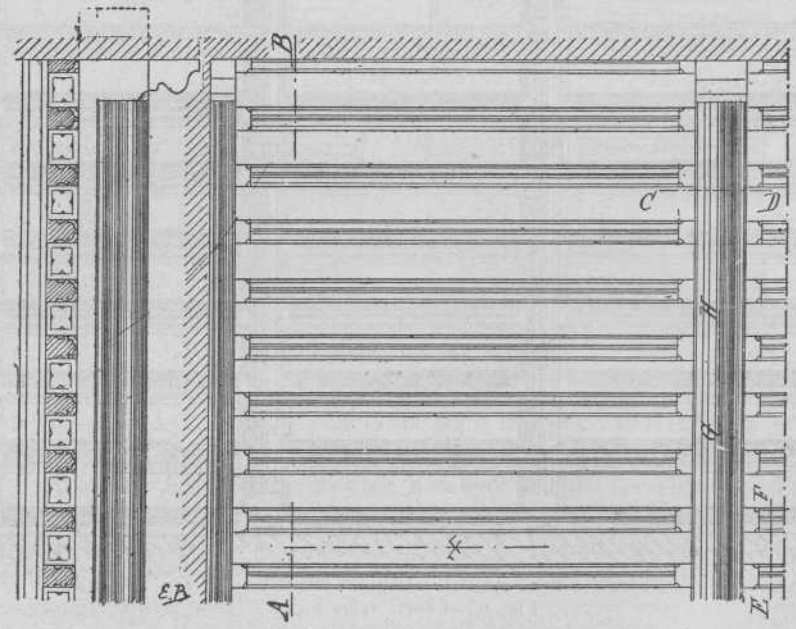


Fig. 419.
Sección de durmiente.

Según se ve en planta en la figura 417, y en sección en la figura 419, las vigas y la viga durmiente reposan sobre canecillos de piedra empotrados en los muros.

Otro suelo de este género se representa en las figuras 420 y 421. Las vigas, de sección apropiada a la carga que deben soportar, van empotradas



Figs. 420 y 421. — Suelo sobre vigas.

en el muro y además quedan aliviadas por canecillos de piedra dura, que acortan su luz.

Los perfiles de viguetas pueden ser cualesquiera, tomados de los anteriormente citados (figs. 400 a 416) o cualquier otro perfil, como por ejemplo, el que damos en la figura 423.

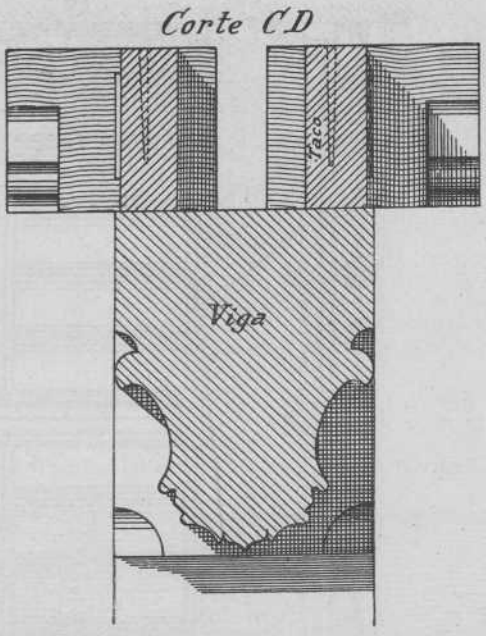


Fig. 422. — Sección *C D*.

En cuanto a la viga, aconsejamos se proceda como se ha dicho para las viguetas, es decir, adoptar un perfil que debilite la pieza lo menos posible. No obstante, se comprende que este consejo sólo se da con objeto de obtener una economía, porque siempre será factible tomar una escuadría más fuerte para que, deducidos todos los perfiles, quede aún materia para asegurar la solidez indispensable.

La figura 422 da un perfil de viga y enseña los extremos de las viguetas que vienen a insistir sobre su cara superior. Se ven también las riostras destinadas a servir de tope a las viguetas y a impedir su torsión y cambio de forma, como ocurre frecuentemente.

La figura 423 representa en la sección *EF* otro perfil de vigueta, a que hacíamos alusión más arriba, y la decoración de las riostras por su cara vista, es decir, en los cajones.

El corte *GH* está hecho cerca del eje longitudinal de la viga y cortando las viguetas al nivel de la cara no vista de las riostras, lo que

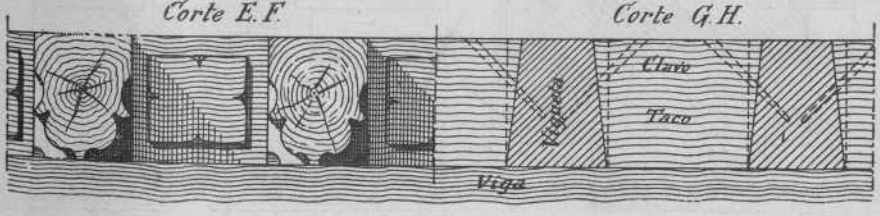
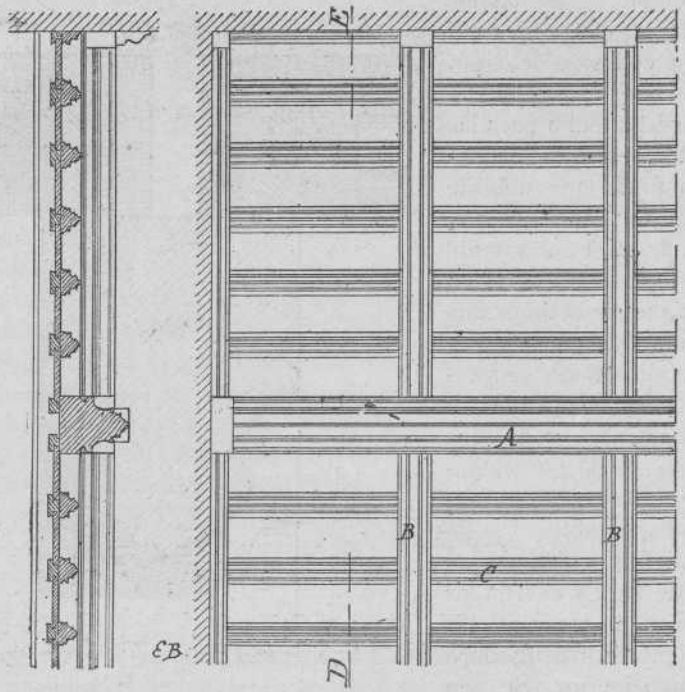


Fig. 423. — Secciones *EF* y *GH*.

permite observar que dichas riostras van no solamente fijas por clavijas oblicuas, sino que penetran también en mortajas abiertas a bisel previamente en las viguetas.

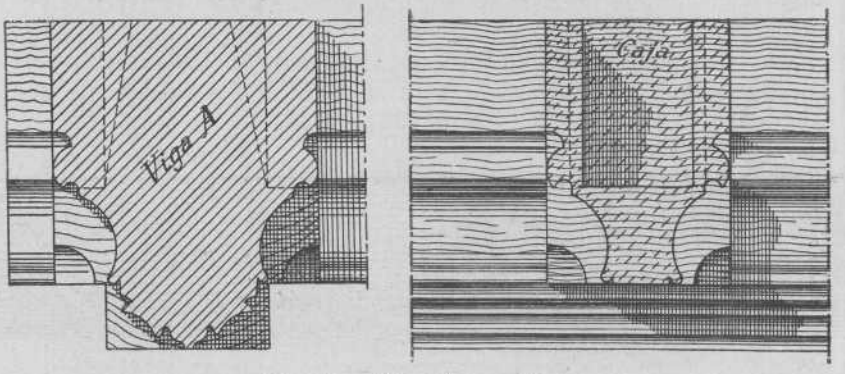
Cuando las dimensiones de un local en longitud y en anchura son demasiado considerables, se emplea el sistema siguiente, cuyos



Figs. 424 y 425. – Suelo sobre dos sistemas de vigas.

elementos hemos tomado del maestro Viollet-le-Duc (figs. 424 y 425).

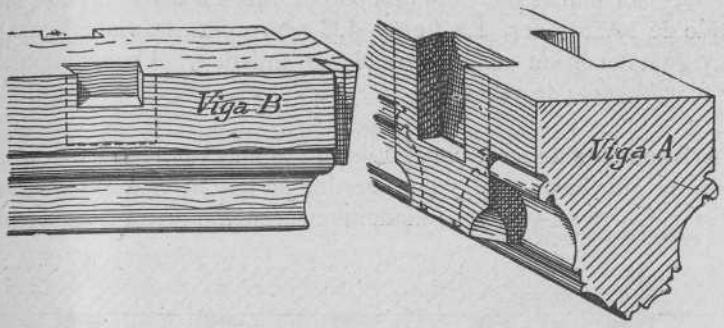
El local está cortado en tres partes en un sentido por dos vigas



Figs. 426 y 427. – Viga principal.

principales *A*. En el otro sentido, cuatro vigas secundarias *B* se apoyan sobre las primeras, y las viguetas *C* descansan de la misma manera sobre las vigas *B*.

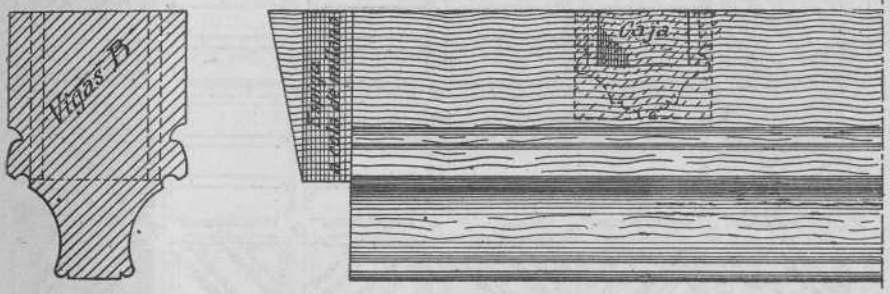
Véase en la figura 426 la sección de la viga principal *A* con los entrantes de las vigas *B* que vienen a ensamblarse con ella. La vista



Figs. 428 y 429. — Apoyo de las vigas *B* sobre las *A*.

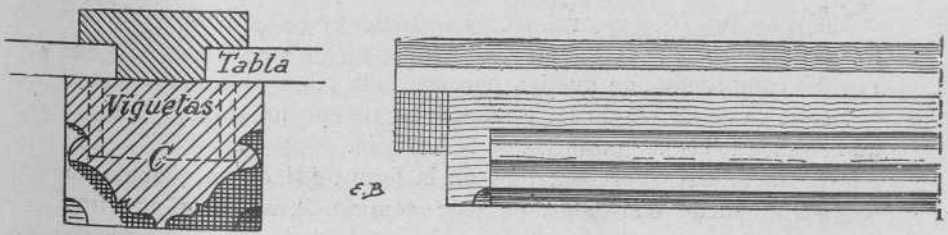
lateral (fig. 427) muestra el apoyo preparado en la viga *A* para recibir la viga *B*.

Para hacernos comprender mejor, damos otro ensamblaje de vigas



Figs. 430 y 431. — Viga *B*.

secundarias sobre las vigas principales (figs. 428 y 429). Representamos estas dos vigas en perspectiva y dispuestas para ser ensambladas.



Figs. 432 y 433. — Vigueta.

Las figuras 430 y 431 representan, la primera, la sección de las vigas *B*, y la segunda, la vista lateral de esta misma viga con su espiga de cola de milano y la mortaja para apoyo de una vigueta *C*.

Por último (figs. 432 y 433), damos las dos vistas principales de una vigueta. La figura 432 es la sección de una vigueta *C*, en cuya parte superior hemos indicado el modo de fijación del suelo que forma el fondo de los cajones. La figura 433 representa la vista lateral de esta vigueta, con su espiga de cola de milano y el cubrejuntas que debe fijar el suelo de tablas.

Artesonados decorativos.—Los suelos más racionales son los que hemos indicado hasta aquí, y por el orden en que los hemos examinado, pero se construyen suelos de maderas aparentes mucho más decorati-

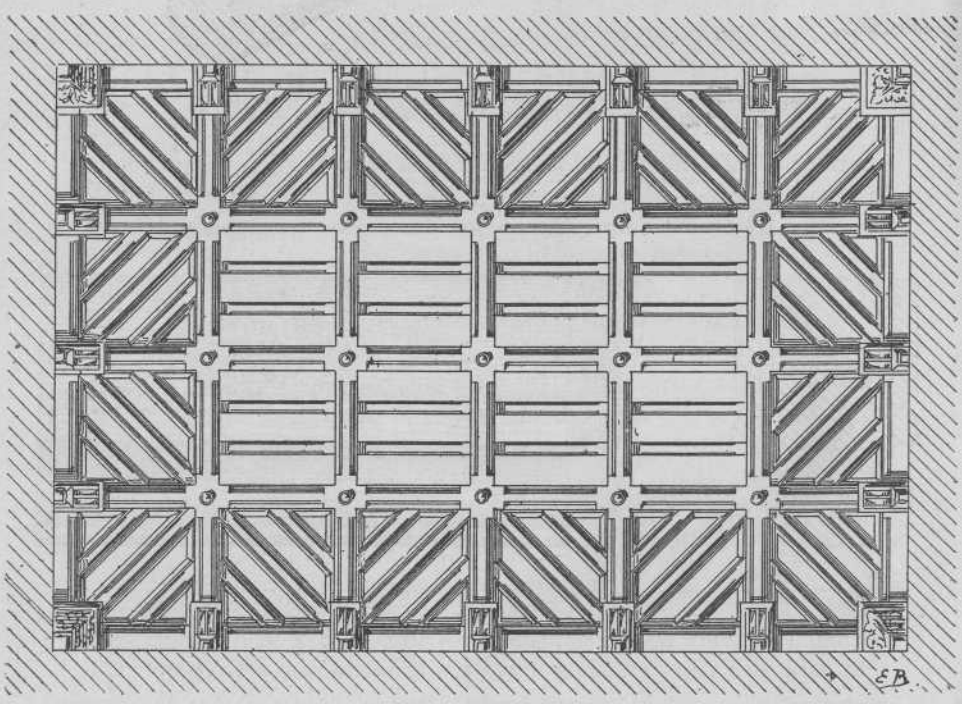


Fig. 431. – Artesonado.

vos. Se comprende que pueden hacerse toda clase de combinaciones con la única condición de hacer al mismo tiempo un trabajo sólido y que ofrezca todas las garantías de resistencia.

El suelo que representamos en la figura 434 es un ejemplo de lo que se puede conseguir en este sentido. Las vigas maestras van muy próximas y colocadas en el sentido de la menor dimensión de la pieza. En el sentido longitudinal, se apoyan sobre las vigas maestras tramos de vigas de la misma apariencia inferiormente, pero soportando sólo una carga poco mayor que la impuesta a las viguetas.

Todas las viguetas son ensambladas, perpendicular u oblicuamente, según la posición que ocupan, por espigas a palma.

Las vigas reposan sobre canecillos de piedra o ménsulas, como indica la figura 435. La sección de las viguetas se representa en la figura 436.

Pero hoy rara vez se hacen estos hermosos suelos de madera maciza, porque no resultan económicos y, además, debemos confesarlo, nuestras maderas no suelen ser de calidad suficiente. Si añadimos a esto que disponemos de materiales que nos permiten obrar más económicamente y al mismo tiempo con más seguridad, se explicará el abandono de los antiguos procedimientos, a pesar de su belleza.

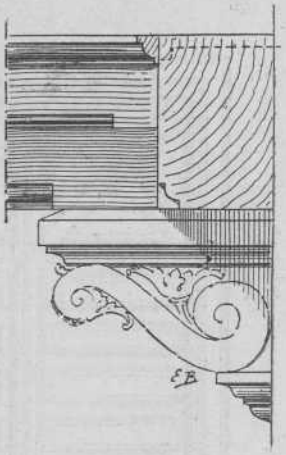


Fig. 435. — Canecillo de piedra.

Se han hecho en este orden de ideas imitaciones de vigas y viguetas aparentes, que ya no pertenecen a la carpintería, sino a la ebanistería.

Son cajones huecos, de dimensiones variables según las piezas que representan: vigas o viguetas simplemente aplicadas sobre un techo raso en entramado de hierro forjado con yeso.

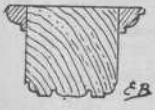


Fig. 436.
Sección de vigueta.

Este procedimiento permite no tener en cuenta las necesidades de la construcción, pudiendo hacerse lo que se quiera y permitirse los ensamblajes más inverosímiles.

No es más que una decoración y, como la madera, caprichosa según hemos dicho, se contrae y se vicia, es preciso recurrir al enmasillado para tapar las hendeduras y a la pintura para dar al pino, empleado casi siempre, la apariencia de roble o caoba.

Nos parece bastante más racional, en estos casos, emplear el *staff*, como se hace hoy corrientemente. Se alabea muy poco, no se raja, se coloca con la mayor facilidad y es más económico, sobre todo cuando hay muchas piezas iguales producidas por el mismo molde, pues es éste el que principalmente cuesta caro.

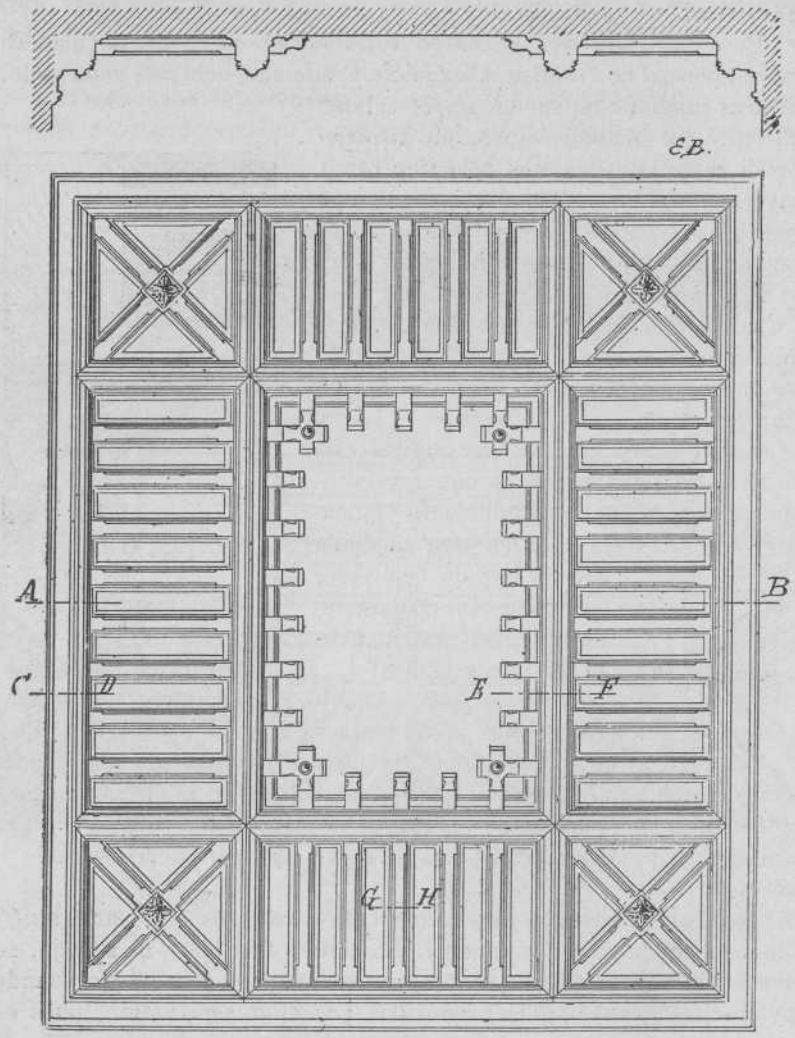
Dicho esto, volvamos a nuestras imitaciones de suelos.

El que representamos en las figuras 437 y 438 es de muy buen efecto, pero sería irrealizable si no se dispusiera de un suelo adecuado para recibirlo.

Está compuesto, como se ve, de cuatro vigas entrecruzadas, sobre las que ensamblan a tope las viguetas. Esto nos da sobre cada lado de la pieza una serie de cajones que se ven en corte en la figura 437, y

en los ángulos un entrecruzado ornamentado con un rosetón en el centro.

La figura 439 representa la cornisa, que es un cajón que forma en



Figs. 437 y 438. — Artesonado de madera.

sección la mitad de una viga, más una parte de moldura, un friso y el astrágalo.

Este cajón va mantenido en ángulo recto por cartabones colocados bastante próximos, según la fuerza de la madera y los peligros de alabeo y vuelco que ofrezca.

La sección de las vigas se representa en la figura 440, en la que hemos indicado los perfiles de los encuadramientos que llevan los arte-

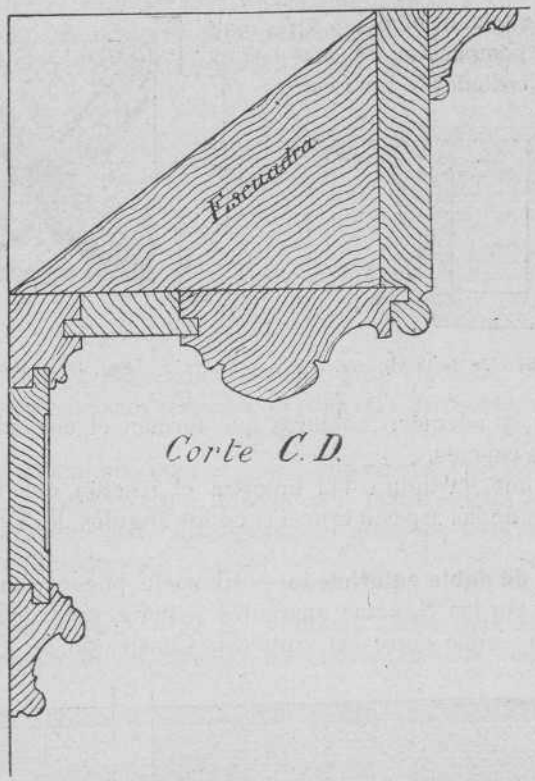


Fig. 439. — Cornisa.

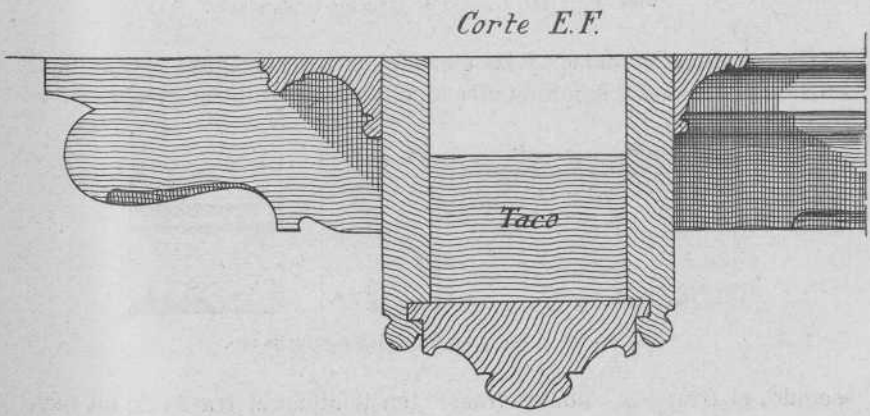


Fig. 440. — Sección de la viga.

sonados y también el panel central, así como las ménsulas que ornamentan esta última parte del techo.

Las viguetas, como las vigas, están compuestas de tres piezas, dos costados y un fondo

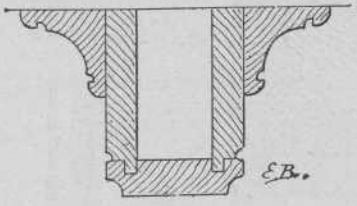


Fig. 441. — Sección de la vigueta.

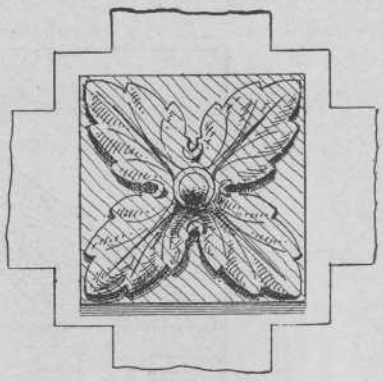
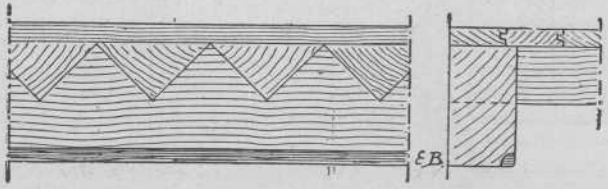


Fig. 442. — Rosetón.

(figura 441), y además, molduras que forman el encuadramiento del fondo de los cajones.

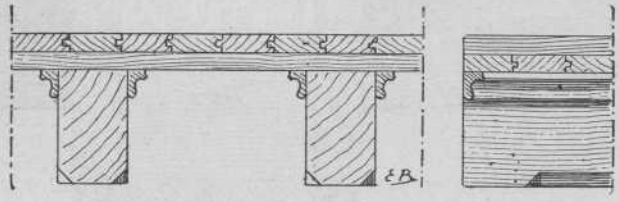
Por último, la figura 442 muestra el rosetón que ornamenta la intersección de las aspas o crucetas en los ángulos del techo.

Suelos de doble entarimado. — El suelo puede estar constituído únicamente por las viguetas aparentes y por el entarimado, que también se deja visible entre las viguetas. Construído de este modo, el



Figs. 443 y 444. — Suelo de viguetas triangulares.

polvo, el agua derramada y las emanaciones de los gases pasan fácilmente por todos los intersticios que forzosamente se producen. El

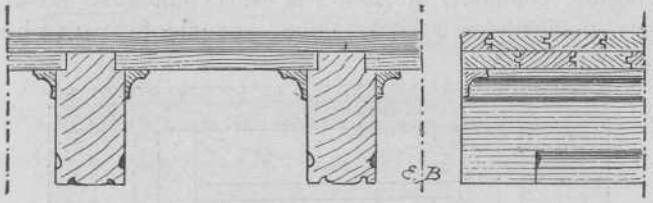


Figs. 445 y 446. — Suelo de doble entarimado.

sonido, el frío y el calor se transmiten también al través de un suelo tan delgado (figs. 443 y 444). Aprovechamos estos dibujos para dar

un ejemplo de suelo compuesto de viguetas triangulares, es decir, obtenidas dividiendo en dos una sección cuadrada de madera por un corte de sierra a lo largo de una de sus diagonales.

Para obviar los inconvenientes señalados, puede doblarse el entarimado (figs. 445 y 446), es decir, colocar primero un entarimado

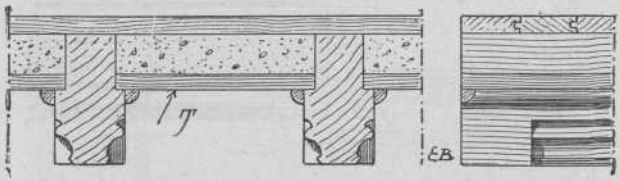


Figs. 447 y 448. — Suelo de doble entarimado.

aparente por debajo, perpendicularmente a las viguetas, y después un entarimado aparente por encima y colocado en sentido normal al primero.

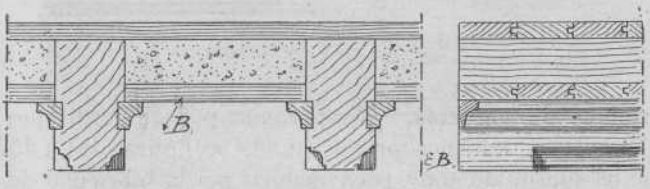
Puede también procederse como indicamos en las figuras 447 y 448, constituyendo la capa inferior por tablas cortas apoyadas en entalladuras practicadas en las viguetas. En los dos casos se guarnecen los ángulos con molduras.

Suelos con forjado. — Si las viguetas están muy próximas, se puede reemplazar el enlistonado por tablas enteras; esto evita las



Figs. 449 y 450. — Suelo con forjado.

juntas, pero las tablas tienen una tendencia a cimbrarse hacia abajo y su aspecto no resulta agradable. Pueden apoyarse en entalladu-



Figs. 451 y 452. — Suelo con forjado.

ras como se indica en las figuras 449 y 450, o reposar en molduras encajadas en ranuras, como muestran las figuras 451 y 452. En estos

dos ejemplos, las maderas pueden reemplazarse por paneles de barro cocido.

Suelos de maderas delgadas. — Puede presentarse el caso de que no se disponga sino de maderas delgadas, tablas, por ejemplo.

Es posible componer un suelo con estos elementos. Basta reunir dos tablas, poniéndolas a la distancia conveniente, para obtener el

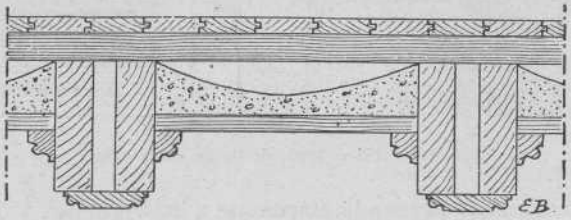
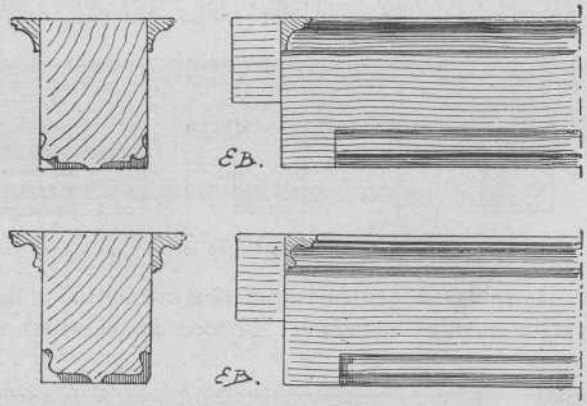


Fig. 453. — Suelo de maderas delgadas.

aspecto deseado y arriostrarlas de metro en metro por otras colocadas normalmente a las primeras (fig. 453).

Bajo las tablas que forman las viguetas se oculta el vacío por medio de una tabla moldurada, y el resto del suelo puede ser tratado como los anteriores.



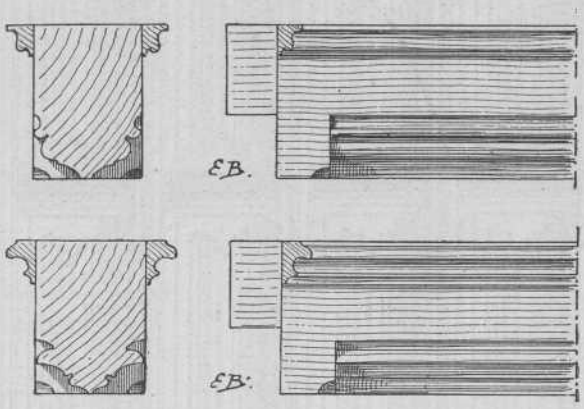
Figs. 454 a 457. — Viguetas.

Variantes de viguetas. — Empezando por el perfil que reduce menos la sección, tenemos primeramente las figuras 454 a 457, en las cuales se ha suprimido muy poca materia por la sobriedad de los perfiles; después vienen las figuras 458 a 461, en que las molduras, más profundas, debilitan más las piezas; por último, las figuras 462 a 465, con molduras que profundizan más aún.

Desde luego, para la elección de una sección de vigueta, es pre-

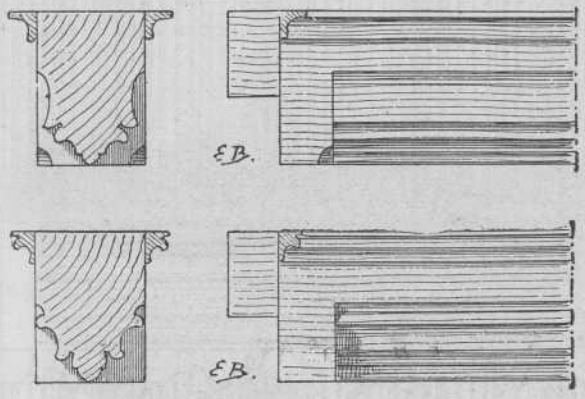
ciso, ante todo, saber qué perfil se ha de emplear, con objeto de conservar la cantidad de materia necesaria a su función resistente.

Artesonado. — Con relación a los perfiles, este suelo difiere poco de los que hemos estudiado anteriormente. Por otra parte, siendo la



Figs. 458 a 461. — Viguetas.

madera de estructura resistente, es racional no emplear más que piezas rectas que franqueen la luz entre muro y vigas, porque no se puede llegar a las combinaciones que permiten los falsos suelos aparentes, incapaces de sostenerse por sí mismos y que deben ser suspendidos de un suelo resistente.



Figs. 462 a 465. — Viguetas.

La figura 466 da una parte del conjunto de este suelo, que está compuesto de jácenas o vigas principales sobre las cuales vienen a apoyarse las viguetas. La figura 467 muestra la viga lateralmente e indica la sección de aquéllas.

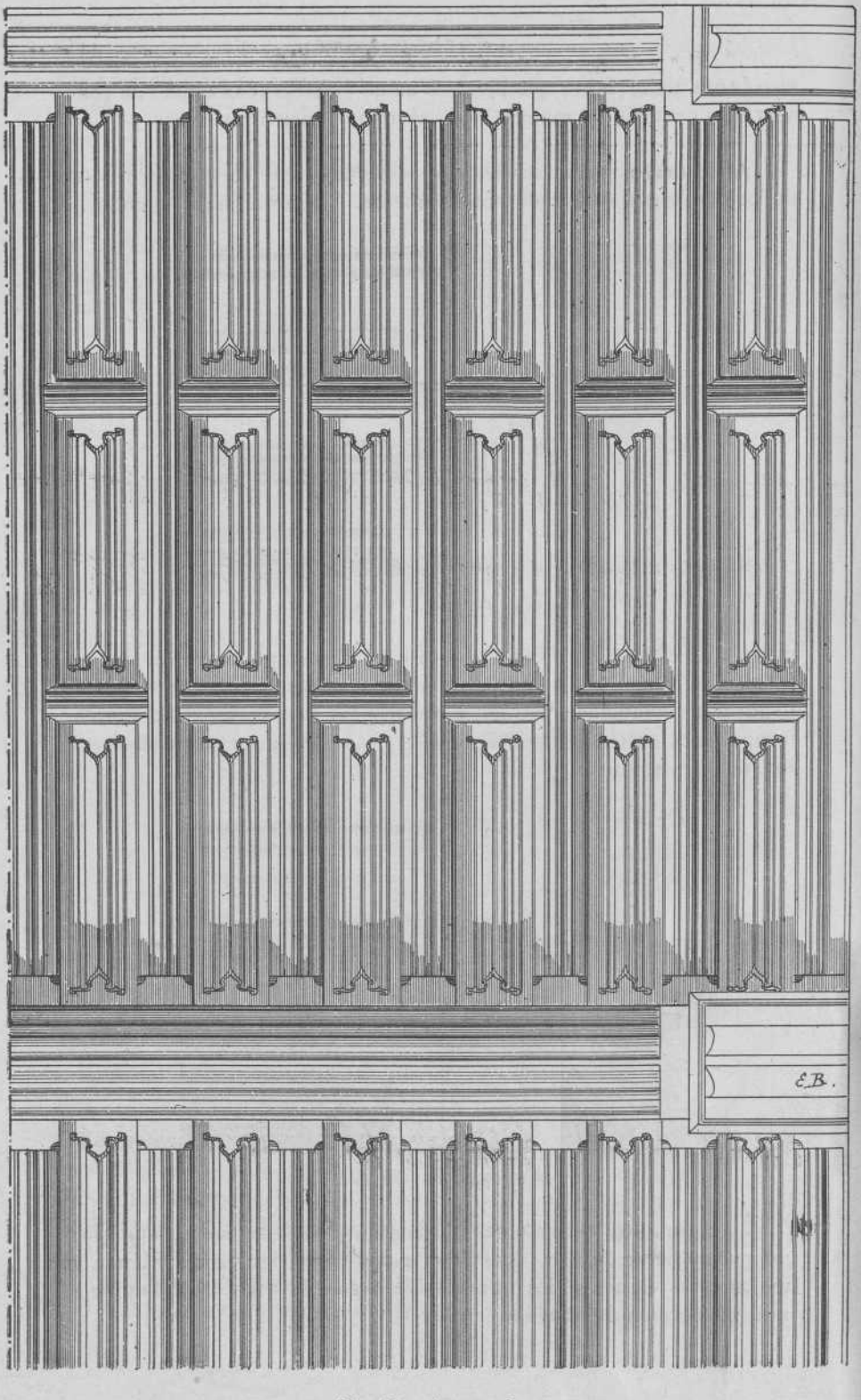


Fig. 466. — Artesonado.

Como se ve en la planta y en esta figura, las vigas van sobre ménsulas de piedra.

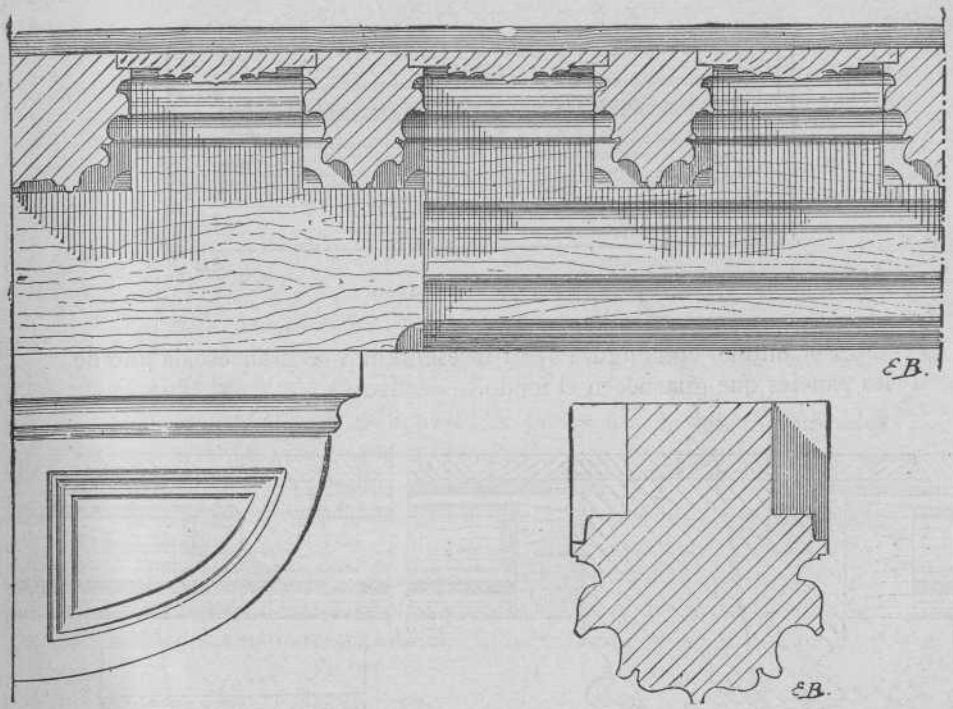


Fig. 467. — Detalle.

Fig. 468. — Viga.

La figura 468 representa la sección de las vigas intermedias. La

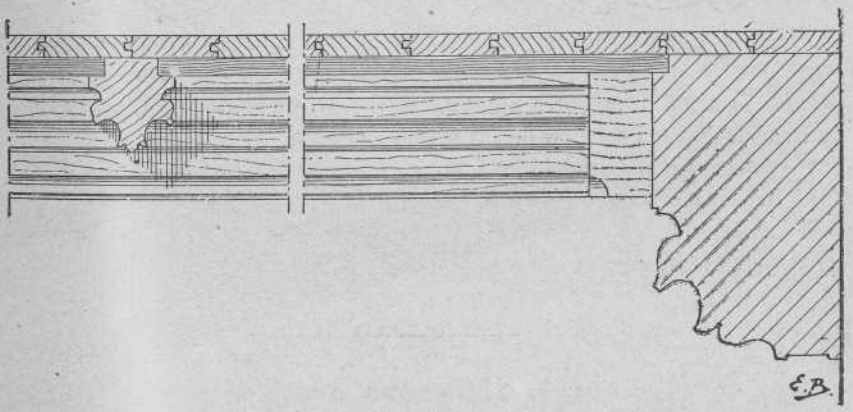


Fig. 469. — Detalle.

figura 469 indica la sección de las pequeñas riostras que separan en tres partes la longitud de las viguetas y forman los encuadramientos

que reciben los paneles en forma de pergamino. Este dibujo da también la sección de la viga a ras del muro.

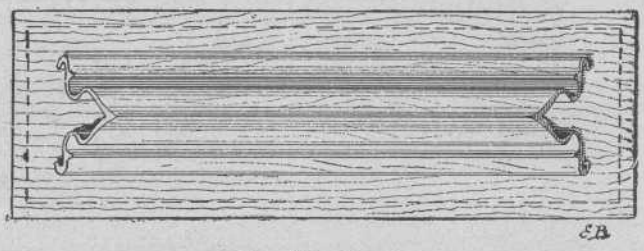


Fig. 470. — Panel.

Por último, en la figura 470 representamos a gran escala uno de los paneles que guarnecen el fondo.

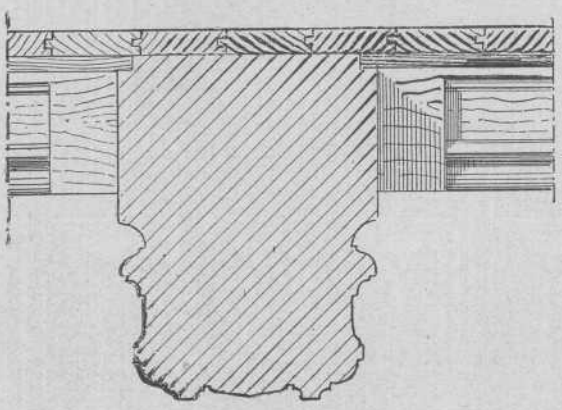


Fig. 471. — Detalle.

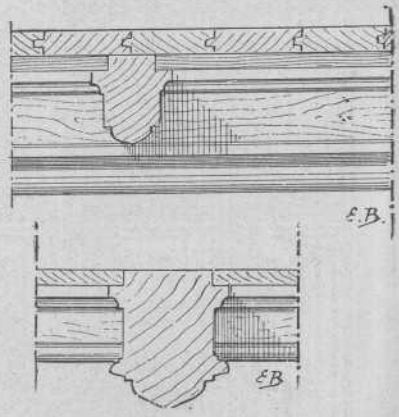


Fig. 472. — Vigueta.

La figura 471 muestra una variante de perfil de viga, y la 472, una variante de la sección de las viguetas.

CAPÍTULO VI

Entarimados

Un *entarimado* es un conjunto de maderas de pequeño espesor destinado a formar el revestimiento del suelo de las piezas que componen una vivienda o un edificio.

Un *entablado* está compuesto de tablas acepilladas y rectificados sus cantos en los entablados mejor hechos, y de aserrío bruto en los ordinarios.

Comenzaremos por este último, para ocuparnos luego solamente de los entarimados.

Entablados. — Las tablas van sencillamente yuxtapuestas, sin ensambladura ni machihembrado, lo que distingue principalmente al

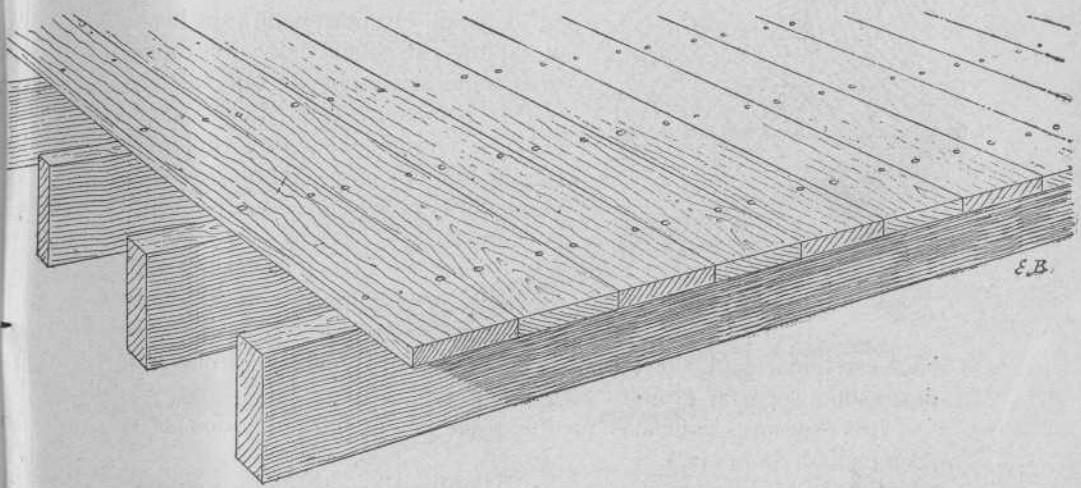


Fig. 473. — Entablado.

entablado del entarimado, y clavadas directamente sobre las viguetas, como en nuestro ejemplo de la figura 473.

Las tablas que se emplean en el establecimiento de un suelo enta-

blado pueden ser de cualquier clase de madera, pero generalmente son de pino. Tienen 0,110 ó 0,220 de ancho, y su espesor, que varía según la distancia de las viguetas y el destino del piso, oscila entre 0,025 y 0,037.

Aunque los pisos se hagan de tablas enteras, como no van machihembradas y no pueden siempre tener la longitud total de la habitación, debe procurarse que las juntas caigan sobre una vigueta.

Un entablado puede ir también clavado sobre durmientes, como ocurriría en el caso de colocar un piso de madera sobre un suelo de hierro, por ejemplo.

Entarimados o «parquets». — Todas las maderas pueden ser empleadas en la confección de entarimados, pero lo más corriente es hacer éstos de pino o de encina. Las maderas más raras se emplean para los entarimados llamados de mosaico, en que el dibujo y el color contribuyen a producir un buen efecto decorativo.

Los entarimados toman distintos nombres según la disposición de las tablas que los forman.

Entarimados a la inglesa. — Este primer género de entarimado está compuesto de tablas rectas ensambladas entre sí por ranuras y lengüetas, o sea por medio de un machihembrado (fig. 474). Estas tablas pueden tener una longitud cualquiera y su ancho varía entre 0,050 y 0,110.

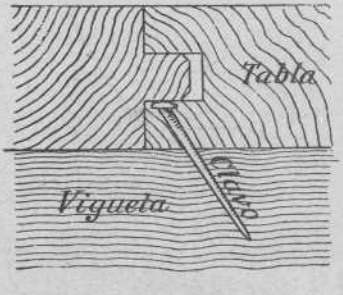


Fig. 474. — Machihembrado.

Cuando el entarimado está hecho de tablitas estrechas, de 5 a 8 centímetros, tiene la ventaja de que, al contraerse la madera, esta contracción se reparte, a igualdad de superficie, entre un número mayor de piezas, y las hendeduras producidas son menos importantes.

El espesor más corriente, cualquiera que sea la madera empleada, es de 2,5 centímetros, pero también se hace este entarimado con tablas de 3,7 centímetros, cuando el piso está destinado a soportar grandes cargas.

Los espesores indicados quedan desde luego algo reducidos por el acepillado de la madera.

En las construcciones en que el viguerío es de madera se pueden clavar directamente las tablas sobre las viguetas, siempre que éstas estén suficientemente niveladas, no siendo precisos los durmientes (fig. 475). En el caso de que las viguetas no fuesen bien derechas o estuviesen mal niveladas, se tiene siempre el recurso de calzar las tablas lo necesario. Pero es un trabajo que puede

ser evitado con un poco de cuidado en la colocación del viguerío.

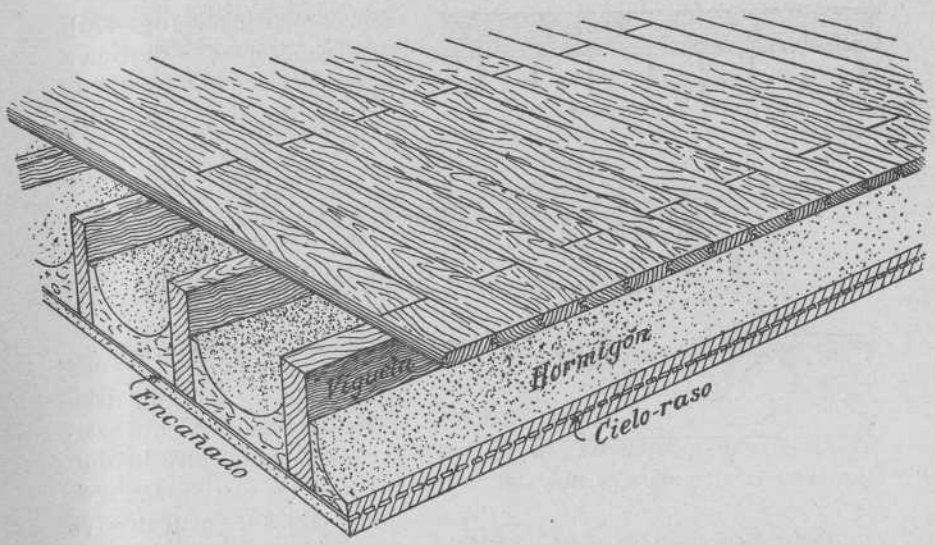


Fig. 475. – Entarimado a la inglesa.

Lo más frecuente es colocar los entarimados sobre durmientes,

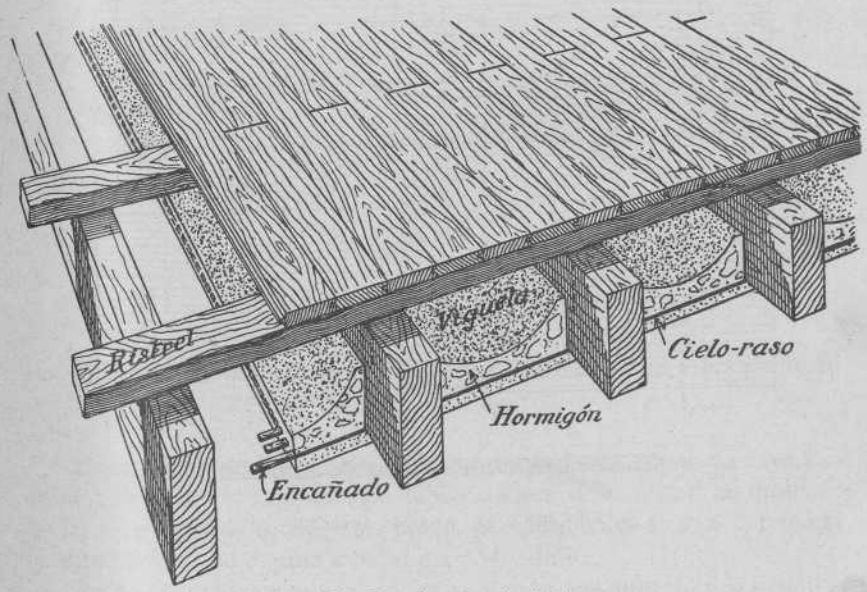
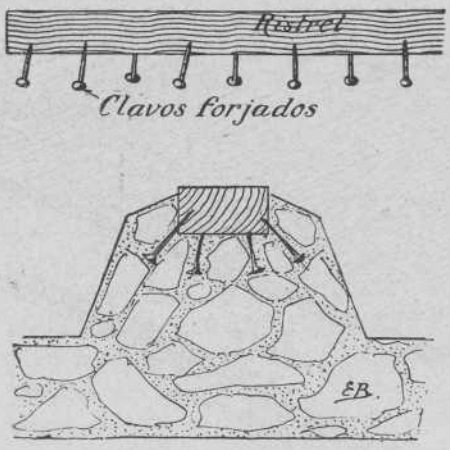


Fig. 476. – Entarimado a la inglesa.

para lo que se emplean listones de madera dura de 0,037 × 0,075, que

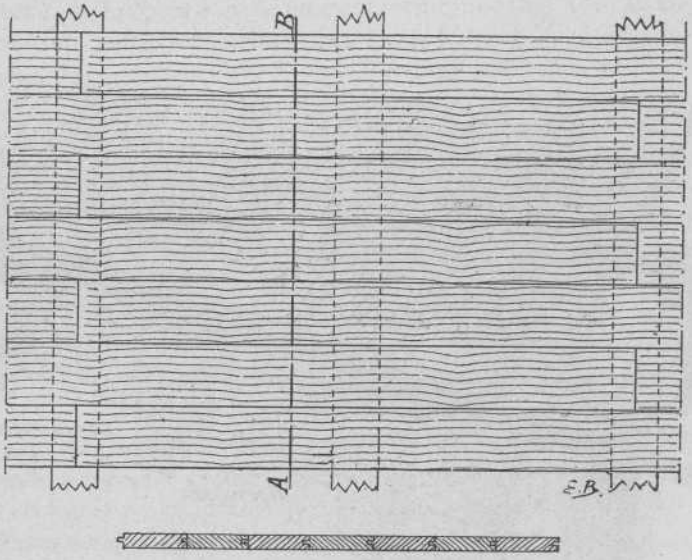
se fijan sobre las viguetas, acuñándolas para nivelar perfectamente la cara superior que ha de recibir el entarimado (fig. 476).



Figs. 477 y 478. — Detalles.

Cuando éste se destina a revestir un suelo formado de viguetas de hierro, los durmientes o ristreles van guarnecidos de clavos de barquilla, espaciados unos 11 cm., por tres caras, y quedan embutidos en el forjado del suelo a una distancia de 50 cm. entre ejes (figs. 477 y 478).

Ordinariamente se emplean tablas de longitud arbitraria y las juntas caen al azar. Si cae una junta entre dos durmientes, las extremidades de ambas tablas se encuentran *en banda,* o en báscula, como suele decirse, y toda la solidez depende



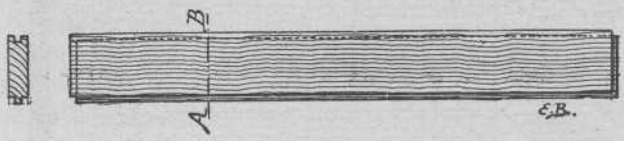
Figs. 479 y 480. — Juntas alternadas.

entonces del machihembrado lateral y del practicado en las cabezas de las tablas.

Este no es un trabajo perfecto, y por esto se hace frecuentemente

el entarimado a la inglesa con las juntas sobre el durmiente, lo que obliga a hacer los cortes y el empalme sobre el terreno, con los naturales desperdicios de madera.

Es mucho mejor el aparejo de juntas alternadas, en que todas las piezas vienen del taller con la longitud requerida y las juntas caen



Figs. 481 y 482. — Tabla machihembrada.

alternativamente en línea sobre el eje del mismo durmiente (figuras 479 y 480).

El corte *A B* da la sección de las tablas.

Si los ristreles están espaciados 50 cm., las tablas tienen entonces una longitud de 1 m., 1,50 m., 2 m., etc.; es decir, un múltiplo de 0,50 m.

En todos los entarimados, las tablas llevan ranura por dos lados y lengüeta en los otros dos, como se ve en planta y sección en las figu-

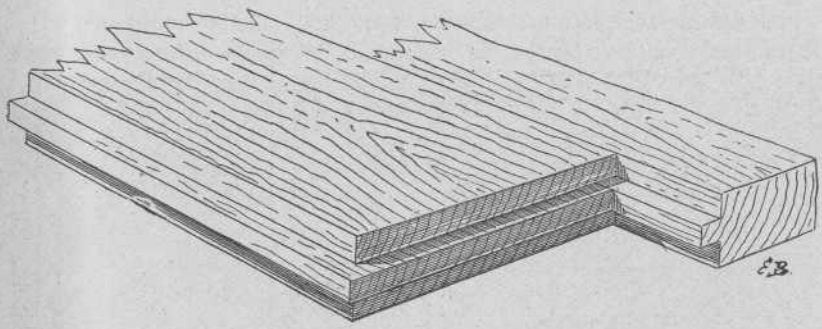


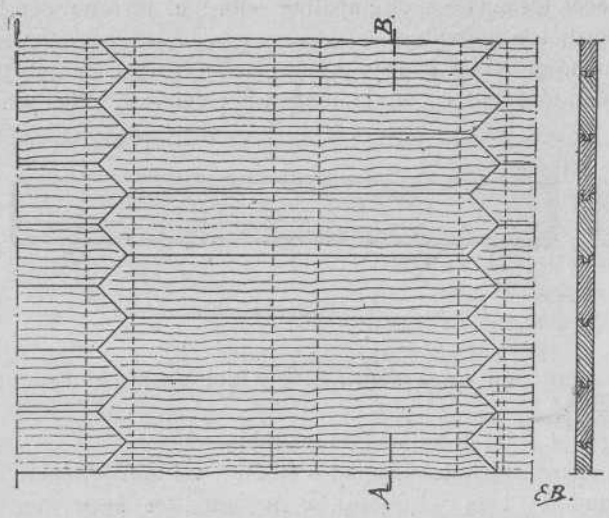
Fig. 483. — Ensamblaje de tablas.

ras 481 y 482. Esta manera de ensamblar se ve aún más claramente en perspectiva en la figura 483.

Entarimado de juntas al sesgo alternadas.—La junta va aquí forzosamente sobre el ristrel. Las tablas tienen de longitud un múltiplo de la separación de éstos, y las juntas longitudinales se van corriendo la mitad del ancho de una tabla (figs. 484 y 485).

Se podría hacer también este entarimado cortando la tabla a escuadra, pero la forma en punta que indicamos proporciona un conjunto más acertado desde el punto de vista estético.

Entarimado de punto de Hungría. — Esta disposición consiste en



Figs. 484 y 485. — Entarimado de juntas al sesgo alternadas.

colocar las tablas oblicuamente formando un ángulo variable de 38 a 45° con la perpendicular al durmiente (fig. 486).

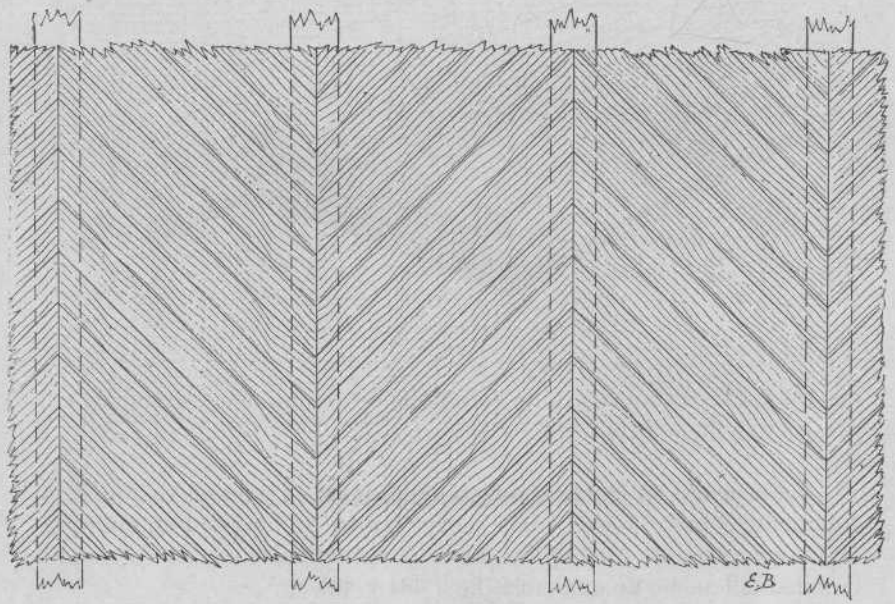


Fig. 486. — Punto de Hungría.

Es preciso, en lo posible, emplear para este entarimado tablitas

estrechas, hasta de 6 cm., y colocarlas de modo que el ángulo que forman con la normal a la vigueta (fig. 487) sea inferior a 45°.

Hacemos esta observación y damos este consejo teniendo en cuenta la contracción de la madera. Dando poco ancho a las hojas del entarimado, la contracción total se encuentra dividida entre un número mayor de juntas, las cuales, por consiguiente, quedan menos abiertas al producirse la desecación. Y ésta se produce siempre.

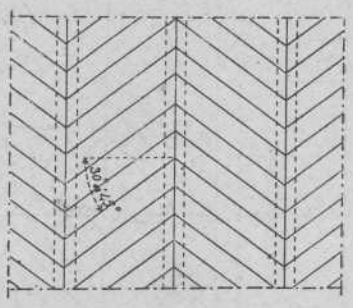
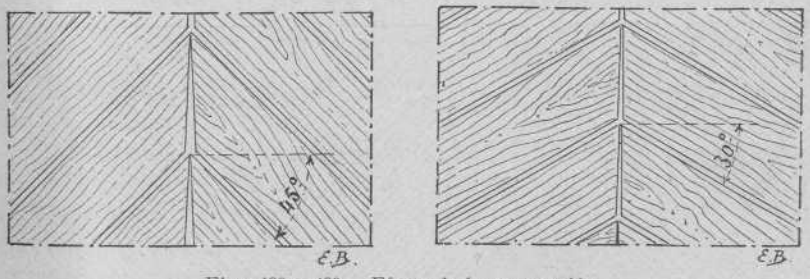


Fig. 487. — Punto de Hungría.

Esta contracción se manifiesta también en el encuentro de las extremidades de las tablas, siendo la hendedura triangular que se produce, tanto mayor, cuanto más anchas son aquéllas; pero el ángulo tiene una influencia no menos importante, y para demostrarlo hemos dibujado las figuras 488 y 489.

Empleando tablas del mismo ancho, presentamos el mismo entarimado colocado bajo dos ángulos diferentes: 45 y 30°, y se ve que, para una misma contracción, la abertura triangular es mucho más considerable con el ángulo de 45° que con el de 30°.

Para comprenderlo bien basta recordar que la madera, tan caprichosa en el sentido perpendicular a sus fibras, es casi invariable en el



Figs. 488 y 489. — Efecto de la contracción.

sentido de la longitud, de manera que se disminuye el ángulo hasta aproximarse a 0°, se tendrá un corte en escuadra y el triángulo resultante de la contracción no podrá producirse.

En sentido inverso, si aumentamos el ángulo aproximándonos a 90°, tendremos un corte más alargado, y el triángulo formado por la contracción será más considerable.

Punto de Hungría en dos sentidos.—Se puede emplear esta disposición cuando hay que entarimar una pieza regular cuya chimenea se encuentra perfectamente en el eje (fig. 490).

Estas vueltas, que pueden repetirse varias veces en una misma pieza, producen muy bellos efectos, poniendo en contraste, cuando da en ellas la luz, las fibras y tonos distintos.

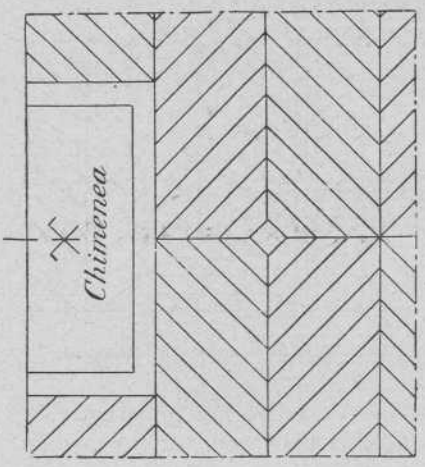


Fig. 490. — Punto de Hungría vuelto.

Entarimado a la francesa. — Esta disposición se asemeja mucho a la llamada punto de Hungría, de la que difiere solamente por el corte de las tablas, que está hecho a escuadra en lugar de ser a inglete (figura 491).

Tiene la ventaja de suprimir el triángulo de contracción de que hemos hablado y que hemos explicado en nuestras figuras 488 y 489.

Entarimado doble a la francesa. — Es una disposición del mismo género que la precedente, pero en la que cada zig-zag está formado por dos tablas (fig. 492).

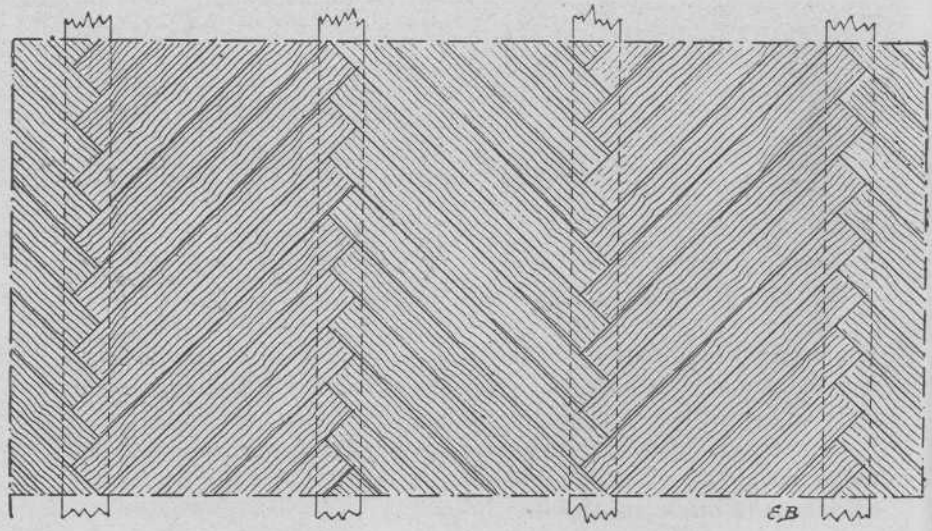


Fig. 491. — Entarimado a la francesa.

Debemos señalar el inconveniente que presenta y que consiste

en necesitar ristreles más anchos para proporcionar un apoyo suficiente a los extremos de las tablas.

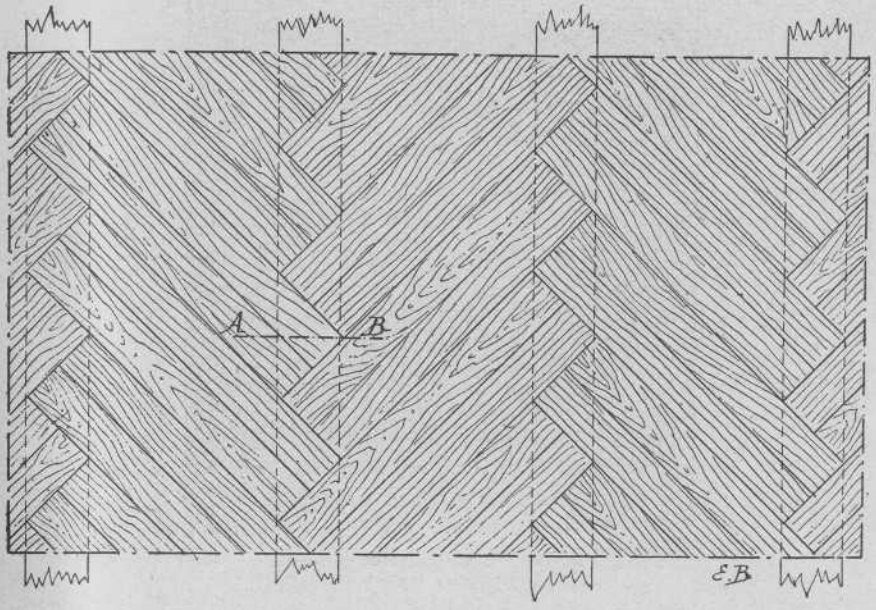


Fig. 492. — Entarimado a la francesa.

Representamos en sección (fig. 493) el apoyo de las tablas sobre el ristrel.

Entarimados de taracea.—Se llama también esta disposición entarimado sin fin.

Estos entarimados están formados, no ya de tablitas que se colocan sucesivamente fijándolas por clavos disimulados en la ranura, sino por compartimientos o paneles preparados de antemano y cuyo encuadramiento, además de las ranuras y lengüetas, va ensamblado a caja y espiga.

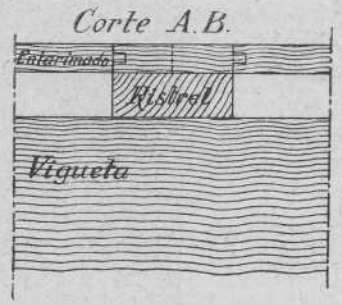


Fig. 493. — Sección *A.B.*

La figura 494 representa una taracea compuesta de tablas del mismo ancho, por series de cuatro tablas que presentan la misma longitud. La pieza central es única y cuadrada.

Otro modelo se representa en la figura 495. Se diferencia del anterior en que las tablillas tienen anchos distintos y también por la dimensión de la pieza central, que es más considerable.

El ejemplo de la figura 496 lleva un encuadramiento ensamblado

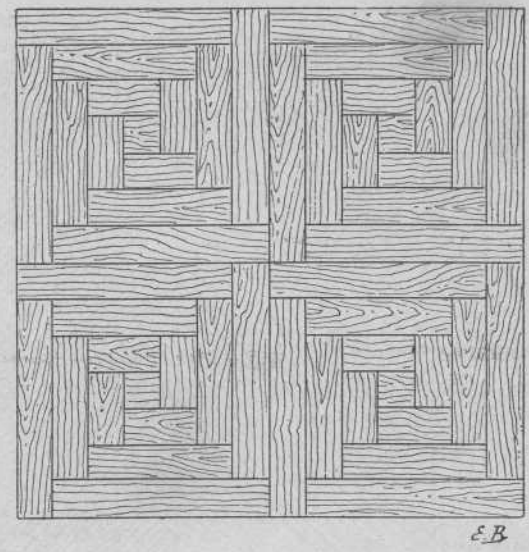


Fig. 494. – Entarimado de taracea.

a caja y espiga, y el relleno está compuesto de tablitas colocadas obli-



Fig. 495. – Entarimado de taracea.

cuamente según la diagonal e interrumpidas para figurar el paso alter-

nativamente por encima y por debajo de la tabla que las corta perpendicularmente. Los pequeños cuadrados interiores están ocupados por



Fig. 496. — Entarimado de taracea.

un cuadrado de las mismas dimensiones que el ancho de los frisos, o mayor, como en el caso de nuestro dibujo.

Entarimados de mosaico. — Se llaman así los entarimados en cuya confección se emplean maderas de distintas clases y, por consiguiente, de coloraciones variadas: la encina, el melis, el nogal, la caoba, el arce, la tuya, el olivo, etc., cuyos ricos colores, bien empleados, permiten componer pavimentos decorativos del mejor efecto.

La figura 497 es uno de los casos más sencillos, no llevando más que un máximo de cuatro colores diferentes de madera.

No hemos empleado más que tres y hemos dado el más pronunciado al pequeño cuadrado central.

La figura 498 no tiene tampoco más que tres maderas distintas y podría también realizarse con sólo dos. Se diferencia, por tanto, del anterior por el dibujo únicamente.

Por último, con el modelo de la figura 499 indicamos que se pueden abordar los dibujos más complejos y que este género de entarimado va acompañado frecuentemente de un cerco.

Se comprende que estos entarimados, compuestos de tablitas de escasa longitud y mantenidas entre sí por el machihembrado, serían incapaces de soportar sin deformación o sin hundimiento el peso de una sola persona, si se colocase directamente sobre los ras-

treles. Por esto, para hacerlos indeformables, se recurre a los medios siguientes:

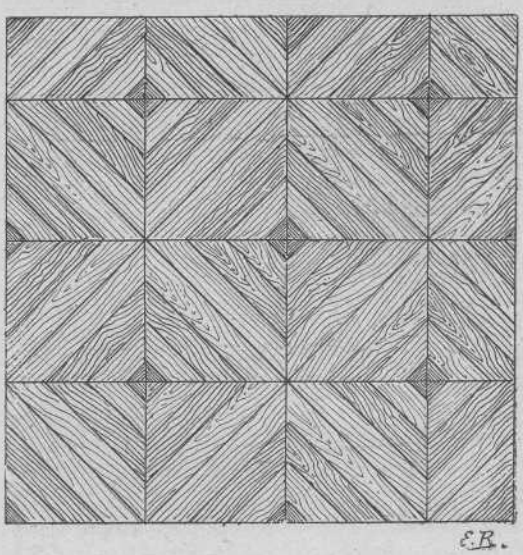


Fig. 497. — Entarimado de mosaico.

1.° Cada panel, una vez terminado, se dobla con un entarimado

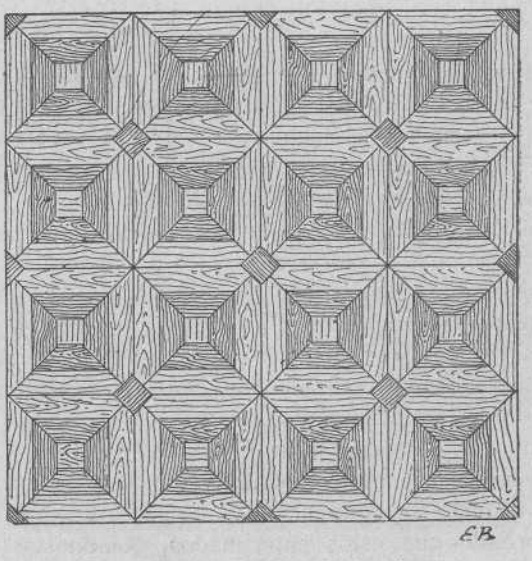


Fig. 498. — Entarimado de mosaico.

de la misma dimensión, clavado, atornillado y hasta encolado, el

cual descansa realmente sobre los ristreles, y ofrece la resistencia suficiente.

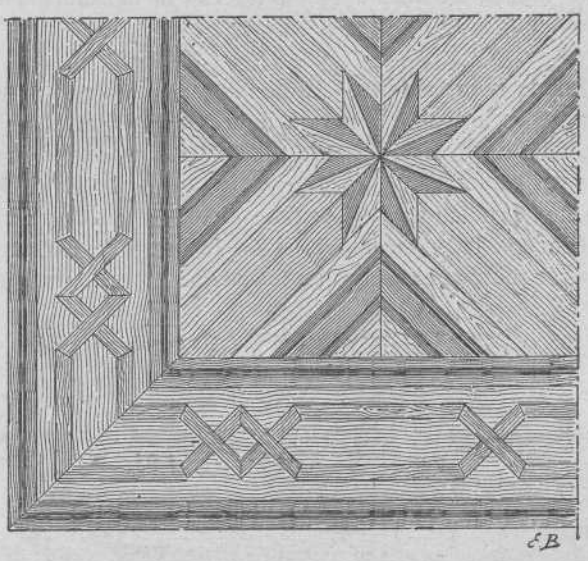


Fig. 499. — Entarimado de mosaico.

2.º Se coloca sobre los durmientes un entarimado de madera en bruto y perfectamente nivelado, y en seguida se ponen sobre él los paneles o compartimientos preparados de antemano.

Colocación de los entarimados.—Las maderas que los constituyen no deben ponerse en obra sino perfectamente secas. Además, en las construcciones nuevas es indispensable asegurarse de que el forjado del suelo no conserva ya humedad.

En todo caso, para un trabajo cuidadoso, no se coloca el entarimado más que provisionalmente, en blanco, como se dice, sin ajustar a fondo las juntas y no poniendo más que el número de puntas indispensable; se pegan por encima con engrudo dos capas de papel y se extiende aserrín para protegerlo todo. Además, en los puntos adecuados, en que esto no puede constituir un estorbo, se suprimen algunas tablitas de modo que se establezca una circulación de aire y se deje respirar la madera.

Se espera para colocar definitivamente el entarimado y los plintos a que haya pasado un verano y la contracción de la madera se haya efectuado lo más perfectamente posible.

Sabemos bien que estas precauciones no siempre pueden observarse; pero, sin embargo, debemos indicar el procedimiento, que dará los mejores resultados.

Las tablas se fijan sobre las viguetas o sobre los ristreles, según los casos, con puntas de entarimar, que se clavan oblicuamente en el borde de las tablas, a través del labio inferior de la ranura, como hemos mostrado en la figura 474.

Entarimado sobre asfalto.—En los lugares húmedos, por ejemplo, sobre terraplenes, o bien encima de bóvedas de sótanos, se emplea el betún de asfalto como aislante para preservar la madera de la humedad procedente del suelo.

Un primer procedimiento consiste en embutir los ristreles en el asfalto que ocupa la superficie total de la pieza, y, para aumentar la adherencia, se moldea el asfalto en forma de bovedilla invertida entre

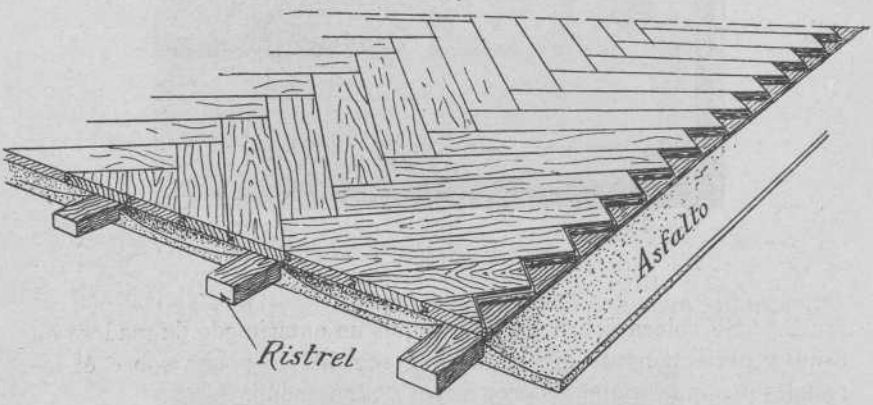


Fig. 500. – Entarimado sobre asfalto.

cada dos ristreles (fig. 500). Creemos que guarneciendo éstos de clavos previamente, se obtendría una solidez mayor aún, evitando que se despegase el asfalto de la madera.

Hemos representado un entarimado a la francesa, pero se puede emplear este procedimiento con cualquier otro dibujo.

Una vez colocados así los ristreles y nivelados, se procede a poner el entarimado como en los ejemplos estudiados anteriormente.

Esta clase de entarimados se hacen también sin durmientes; pero entonces se emplean sólo trozos de tabla de poca longitud, y el procedimiento llamado a la francesa es el más empleado.

Las maderas no llevan ranuras ni lengüetas, y las tablas van sencillamente pegadas sobre el asfalto, lo mismo que se haría para un pavimento de baldosas (fig. 501).

Para conseguir la adherencia de la madera, la capa de asfalto se extiende caliente y en fusión sobre el suelo, a medida que avanza el trabajo de entarimar.

Se emplean a veces elementos muy pequeños, lo que permite for-

mar los más variados dibujos; así, por ejemplo, en la figura 502 se

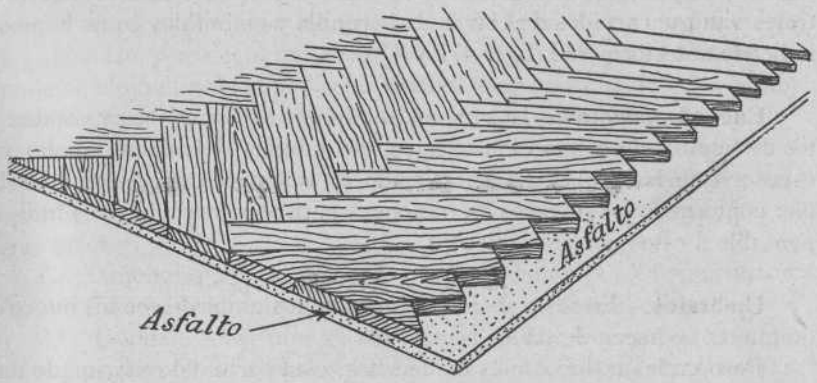
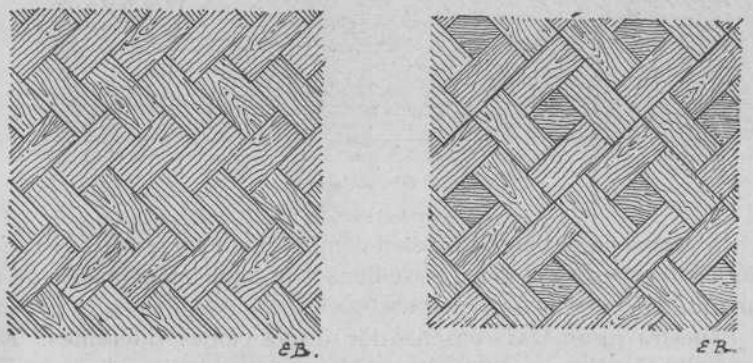


Fig. 501. — Entarimado sobre asfalto.

puede hacer una especie de solería, en que los ladrillos están sustituídos por madera.

Una variante del mismo género está representada en la figura 503,



Figs. 502 y 503. — Entarimados sobre asfalto.

cuyo dibujo hace posible el empleo de dos clases de madera, según indicamos en nuestro dibujo por lisados diferentes.

Por último, por razones de economía, o para pavimentos destinados a un servicio provisional, se aísla el entarimado del suelo intercalando

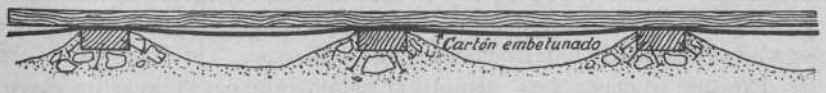


Fig. 504. — Empleo del cartón embetunado.

entre él y los ristreles hojas de cartón embetunado, previamente clavadas sobre éstos (fig. 504).

Este procedimiento puede adoptarse para los entarimados a la inglesa, de punto de Hungría, o a la francesa, y en este caso los ristreles van guarnecidos de clavos de barquilla y embutidos como hemos indicado anteriormente (figs. 477 y 478).

Encuadramientos.—Los encuadramientos de chimeneas y conductos de humo o de calefacción se hacen de tablitas del mismo ancho y espesor que las tablas del entarimado, y se prevén piezas de ristrel que contorneen los hogares y chimeneas para asegurar el apoyo indispensable a estos encuadramientos.

Umbrales.—En los trabajos ordinarios, los umbrales en los huecos de puerta se hacen de tablas rectas.

Pero en los trabajos más cuidadosos, esta parte del entarimado da lugar a veces a un estudio especial.

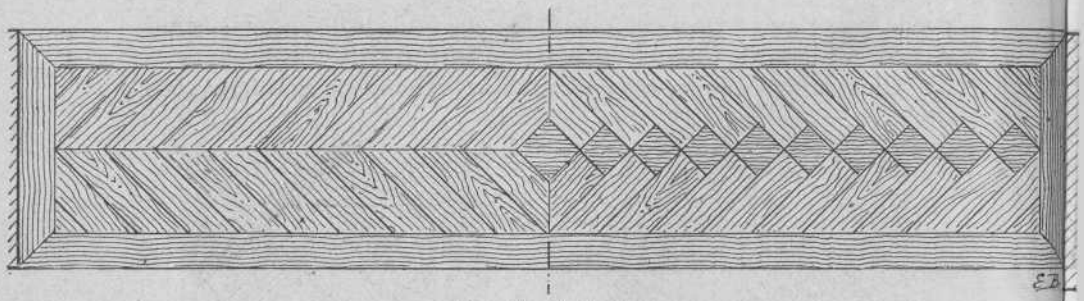


Fig. 505. — Umbral.

Se forma en el hueco un panel compuesto de un marco cuyo ancho es igual al espesor del muro, y se llena con tablas combinadas de una manera más o menos decorativa.

Nuestra figura 505 enseña dos disposiciones diferentes. A la izquierda, el relleno es de punto de Hungría, y a la derecha, una combinación de tablitas cortadas a inglete por una punta y a escuadra por la otra. Los pequeños cuadrados en que terminan estas tablas tienen sus fibras orientadas en el sentido longitudinal del umbral, lo que produce, a la luz del día, un efecto agradable.

El otro ejemplo de umbral (fig. 506) ofrece asimismo dos dibujos distintos de relleno. A la izquierda, un punto de Hungría con una tabla según la bisectriz, y a la derecha, una disposición a la francesa, análoga a la presentada anteriormente (fig. 492).

Los que se ocupan en carpintería saben que para clavar un clavo es preciso repetir varias veces el martillazo, aplicado diestramente sobre la cabeza del mismo.

Para hacer comprender bien la ventaja de las tablas estrechas, no nos cansaremos de insistir en esta cuestión:

El ancho de las tablas de un entarimado corriente varía de 7,5 a 11 cm. y, aunque este ancho sea poco considerable, no es raro observar que se producen, por la desecación de la madera, contracciones que alcanzan y a veces pasan de 6 mm., formando pequeñas canales donde se aloja el polvo y todas las basuras menudas que pasea la escoba y que vienen a caer en estas hendeduras.

Se pretende aún que en estas guaridas habitan colonias de microbios y que pululan en ellas, prontas a propagar enfermedades que tienen nombres horribles. Las larvas de las pulgas anidan también en estas grietas.

Ciertamente que se evitan en parte las hendeduras del entarimado:

1.° Escogiendo maderas bien secas y de primera calidad.

2.° Dejando secar bien el forjado del piso y los empotramientos de los ristreles. Y para éstos solamente, hay que contar con tres semanas o un mes de buen tiempo muy seco.

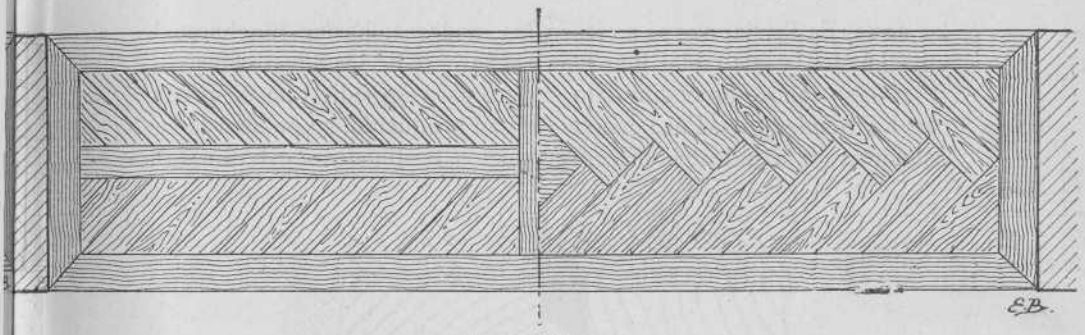


Fig. 506. — Umbral.

3.° Tomando la precaución indicada más arriba de hacer una colocación provisional, y, después de bastante tiempo, proceder a la colocación definitiva.

Todo esto es fácil de aconsejar y difícil de conseguir, porque el tiempo apremia siempre; un inmueble de renta, se quiere alquilar pronto; un hotel particular, se quiere disfrutar sin tardanza, y en todo caso se va de prisa.

Y como los medios que indicamos no siempre pueden adoptarse, aconsejamos de nuevo el empleo de tablas estrechas. Siendo proporcional al ancho de éstas el vacío que se produce entre una y otra por efecto de la desecación, se comprende que una tabla de 5 cm. (fig. 507) dará una contracción la mitad menor que una tabla de 10 cm. (fig. 508), y si no se ha suprimido el inconveniente, se le habrá atenuado al menos.

El buen aspecto ganará con ello, porque siendo las juntas más numerosas, el volumen de polvo almacenado será exactamente el mismo, pero el aspecto general será menos desastroso.

Repetimos que los entarimados no deben ser colocados hasta que los forjados de suelos y los morteros y enlucidos estén bien secos y los huecos se encuentren provistos del portaje para impedir la entrada de

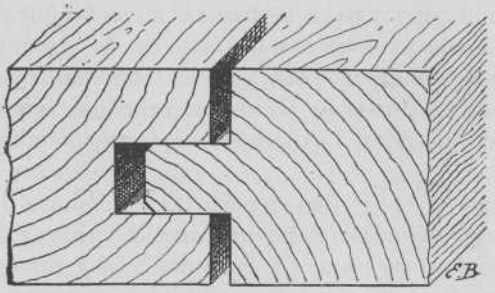


Fig. 507. — Junta de tablas.

las aguas de lluvia, que si mojasen las maderas, harían hincharse los entarimados, y sus tablas llegarían a separarse de los durmientes.

No se conoce procedimiento seguro para impedir que se produzcan las hendeduras. Pero cuando se han producido, se pueden tapar o calafatear, y la industria ofrece productos destinados a este fin. Igno-

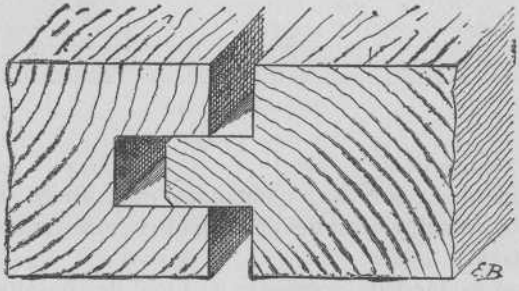


Fig. 508. — Junta de tablas.

ramos su eficacia, pero nuestros lectores podrán, si lo creen conveniente, preparar una buena masilla con resina, sebo, cera, blanco de España y un color en polvo apropiado al tono de la madera, aplicado todo en caliente.

El resultado es mejor cuando se puede hacer colar la masilla, líquida por fusión, en las juntas, después de haberlas limpiado perfectamente.

Acepillado. — Colocado un pavimento de madera, no está todavía absolutamente terminado, porque deja aún que desear desde el punto de vista de la nivelación de su superficie. En efecto, por bien calibra-

das que estén las tablas, las hay siempre que tienen un espesor diferente, o cuyas ranura y lengüeta no están exactamente a la altura necesaria; entonces, algunas tablas rebasan ligeramente de las otras, y esto no puede dejarse así.

Para corregir estas ligeras irregularidades, se procede al *recorrido,* que consiste en mojar la superficie del entarimado y acepillarla por medio de una cuchilla o raedera, si las asperezas son poco importantes; con un cepillo, si la parte que debe quitarse para dejar liso el pavimento es más considerable.

Esta es la última operación, después de la cual se deja secar perfectamente, y ya se puede proceder al encerado.

CAPÍTULO VII

Cubiertas

Se llama *cubierta* el conjunto de piezas de madera o de hierro destinado a soportar el tejado de un edificio o de una construcción cualquiera.

Es el último entramado de suelo de una casa y se establece con una pendiente adecuada, según el sistema de tejado que se adopte, para arrojar al exterior el agua de lluvia. Su forma es rectilínea o curva, según el carácter arquitectural que se persiga.

Se da también corrientemente el nombre de *cubierta* al tejado propiamente dicho, o sea al conjunto de la capa exterior de materiales soportados por el entramado y las armaduras.

Marquesinas

Las *marquesinas* son pequeños techos en pendiente destinados a resguardar del sol o de la lluvia una puerta, una ventana, un escaparate o una estación. No son cubiertas, propiamente hablando, pero creemos útil no pasarlas en silencio.

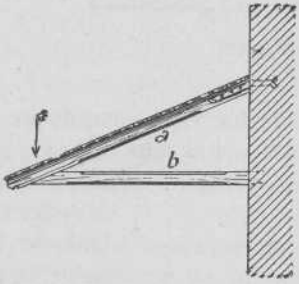


Fig. 509. – Marquesina.

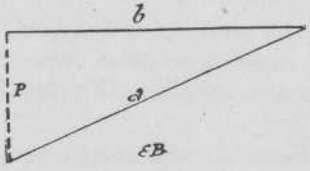


Fig. 510. – Esquema gráfico.

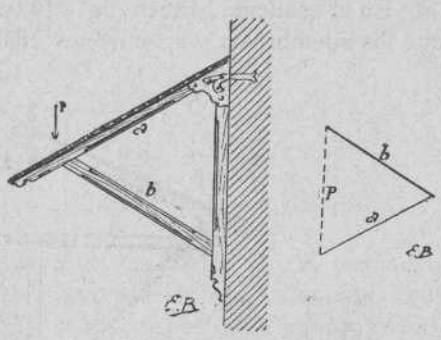
Dispuestas en ménsula, empotradas en un muro y sin punto de apoyo en su extremo libre, tienen sus elementos superiores trabajando por tensión y los inferiores por compresión.

Nuestro primer ejemplo (fig. 509) tiene horizontal la pieza compri-

mida, disposición que aumenta los esfuerzos, pero que puede ser obligada por el hecho de disponerse de poca altura.

Indicaremos, en cada caso en que lo juzguemos útil, un esquema gráfico que permita darse cuenta de los esfuerzos impuestos a las piezas.

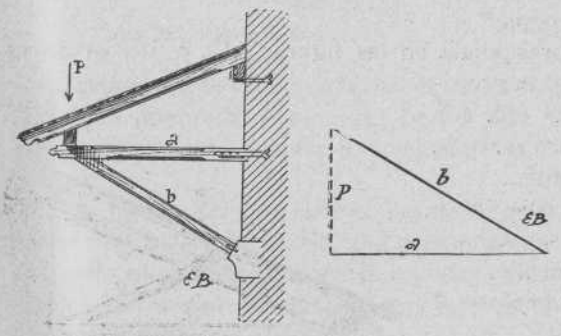
Para construir este esquema es preciso evaluar el peso P que actúa en la extremidad de la estructura y que puede variar según el saliente de ésta, la separación de los apoyos y los materiales de cubierta. Se lleva este peso P sobre una vertical a una escala cualquiera, 1 : 50 por ejemplo, y se trazan paralelas a los miembros a y b, como se indica en la figura 510. Ya no hay más que medir a la misma escala la importancia de los esfuerzos de tracción y de compresión que se producen en los miembros.



Figs. 511 y 512. — Marquesina y esquema gráfico.

Para mayor claridad, indicaremos siempre los esfuerzos de compresión por un trazo grueso y los de tracción por un trazo fino.

La figura 511 es una marquesina del mismo género que la anterior; las piezas que la componen, que están colocadas con bastante inclinación, producen esfuerzos mucho menos considerables, como puede verse comparando el esquema de la figura 512 con el de la figura 510, que ha sido trazado para soportar cargas idénticas.



Figs. 513 y 514. — Marquesina y esquema gráfico.

La pieza de madera vertical adosada al muro sólo ejerce una función más o menos decorativa y apenas influye en la solidez del conjunto, no considerándose en el cálculo.

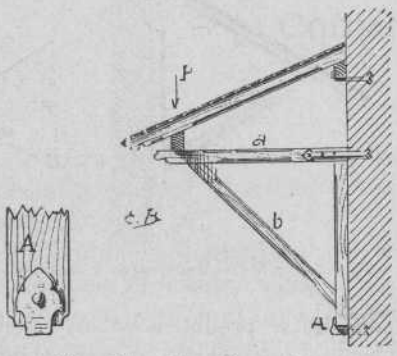
Haremos observar que cuanto más considerable es la inclinación de las piezas, los esfuerzos son menores. La comparación que hemos hecho entre los esquemas de las figuras 510 y 512 muestra bien claro esta disminución de esfuerzos.

En el ejemplo de la figura 513 tenemos una verdadera estructura sobre la que reposa una pequeña techumbre.

Las piezas inclinadas superiores son cabios de una sección apropiada a la luz y al peso del tejado, más las cargas accidentales, como viento, nieve y peso de los obreros en caso de reparaciones.

Estos cabios sólo trabajan a flexión. Insisten en su extremo superior sobre un durmiente soportado por canecillos, y por el inferior se apoyan en la carrera.

En el esquema gráfico (fig. 514) no tenemos que considerar más que los miembros *a* y *b*, sobre los cuales se apoya el peso *P* por intermedio de la carrera. Esta última trabaja a flexión y debe tener una sección en relación con el esfuerzo que se le impone, esfuerzo



Figs. 515 y 516. — Marquesina.

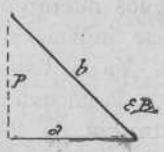


Fig. 517. — Esquema de esfuerzos.

variable según el saliente de la marquesina y la separación de las armaduras o ménsulas.

Como en el ejemplo anterior, llevamos sobre una vertical el peso *P* y trazamos paralelas a las piezas *a* y *b*. No hay más que medir los esfuerzos que están representados por la longitud de estas líneas, a la misma escala que el peso *P*.

La marquesina representada en las figuras 515 y 516 es de la misma construcción que la precedente, y sólo difiere de ella por la pieza aplicada al muro sobre la que se apoya el tornapunta.

Para evitar el descenso de la citada pieza vertical, se la hace descansar sobre un canecillo empotrado, que representamos en *A* (figura 516).

El esquema gráfico (fig. 517) se construye como el indicado en la figura 514.

Otro tipo de marquesina (figura 518) permite un saliente mayor. Lleva una correa además de la carrera, y el peso de esta carrera se transmite al muro por el tornapunta *C*.

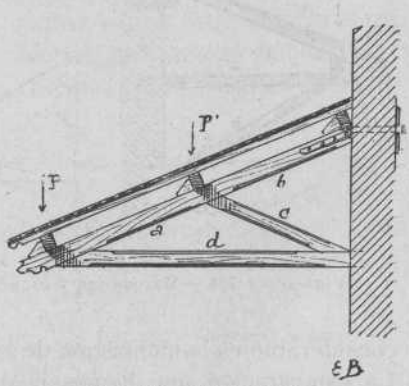


Fig. 518. — Marquesina.

El diagrama de esfuerzos se construye como los precedentes: sobre una vertical se llevan sucesivamente a la escala elegida las cargas P y P', después se trazan paralelas a los miembros a, b, c, d, y se miden a escala los esfuerzos.

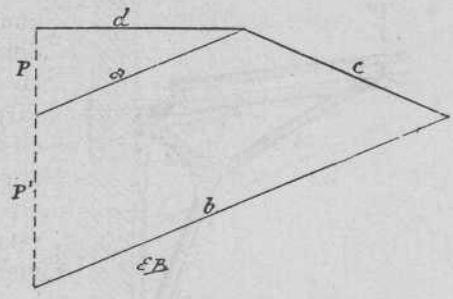


Fig. 519. — Diagrama de esfuerzos.

Otra disposición se representa en la figura 520, con dos tornapuntas radiales reposando sobre un canecillo de piedra y que vienen a terminar en la correa y en la carrera.

Hemos indicado solamente rejones en la parte de apoyo de las piezas d y c, pero esto no puede ser conveniente más que cuando el peso del conjunto es bastante considerable para no poder ser levantado por el viento. En el caso contrario sería preciso recurrir a los empotramientos.

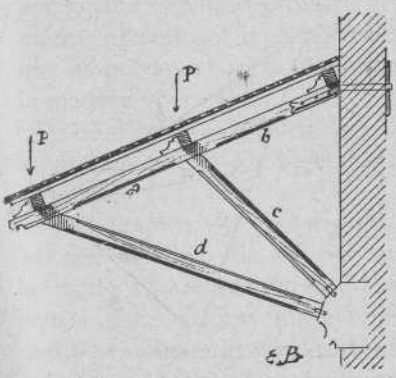


Fig. 520. — Marquesina.

La figura 521 da el esquema gráfico de los esfuerzos. Este esquema se traza como el de la figura 519.

Se buscan a veces formas más movidas y menos secas que las líneas absolutamente rectas.

Las figuras 522 y 523 están estudiadas en este orden de ideas: la pieza inferior comprimida forma una línea quebrada, compuesta de las dos piezas b y c, que vienen a comprimir la pieza d.

La figura 523 muestra el ensamblaje, hecho con placas metálicas. Se comprende que estos miembros compuestos necesitan el empleo de medios que les aseguren la rigidez necesaria.

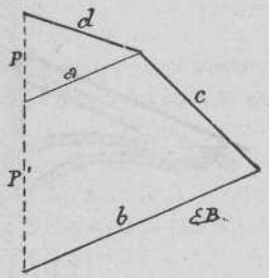
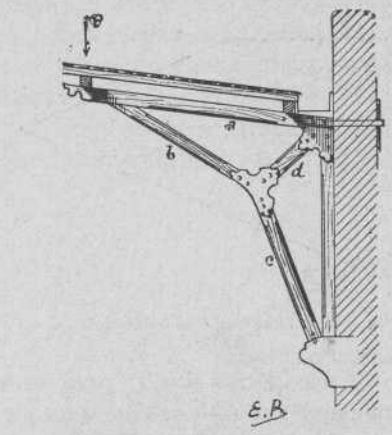


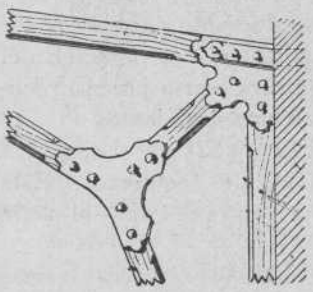
Fig. 521.
Diagrama de esfuerzos.

El diagrama de esfuerzos está representado en la figura 524. Como en los casos precedentes, se lleva la carga P sobre una vertical y luego se trazan paralelas a los miembros que al intersectarse dan la medida de los esfuerzos de tracción y de compresión, diferenciados por trazos finos y trazos gruesos, estos últimos para indicar la compresión.

Se hacen también marquesinas con piezas curvilíneas, de las cuales es un ejemplo la figura 525. Hemos indicado los ensamblajes hechos por medio de chapas metálicas atornilladas; pero, con ligeras modificaciones, podría recurrirse a las ensambladuras ordinarias de carpintería, caja y espiga, por ejemplo, como algunas descritas al principio.

La marquesina, a menos de estar provista de un canalón, vierte las aguas por su borde bajo, lo que es a veces un inconveniente, y si se quiere que vierta las aguas lateralmente sin el em-





Figs. 522 y 523.

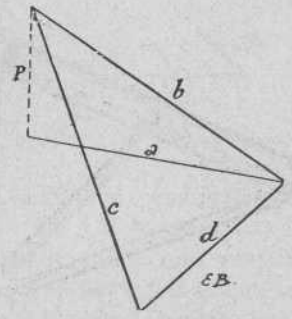
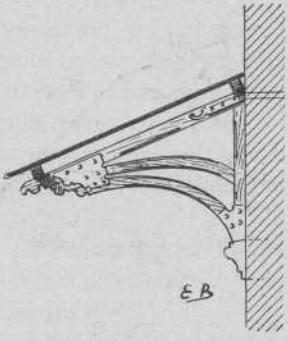
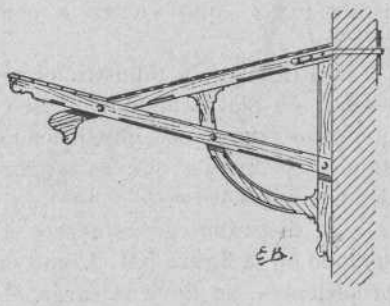


Fig. 524. – Diagrama de esfuerzos.

pleo de canal, puede quebrarse, levantando la parte delantera como se ve en la figura 526, teniendo cuidado siempre de formar con el mate-





Figs. 525 y 526. — Marquesinas.

rial de cubierta una ligera elevación en el centro, para que las aguas se dividan a derecha e izquierda.

Utilizando el hierro, se puede obtener el aspecto que presenta la figura 527. Aquí la ménsula no ofrecería una seguridad suficiente,

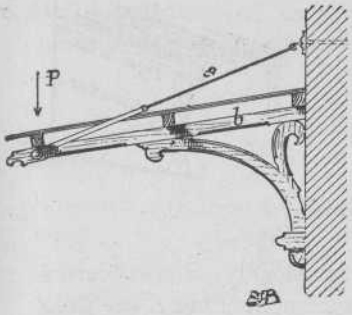


Fig. 527. — Marquesina.

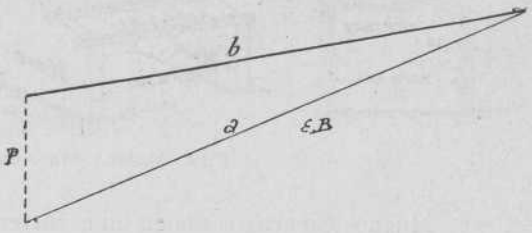


Fig. 528. — Esquema gráfico.

por lo cual la hemos provisto de un tirante metálico que anula enteramente el trabajo de la ménsula curva, en la que no pueden conservarse rectas las fibras de la madera.

El esquema gráfico (fig. 528), sensiblemente semejante al de la figura 510, da los esfuerzos.

El empleo del metal permite las formas curvas, sin dejar de ofrecer una solidez que la madera, cortada en la misma forma, no podría dar. Damos un ejemplo en la figura 529, en el que la rigidez del ángulo es obtenida por un hierro T curvado, con un círculo interior de hierro plano.

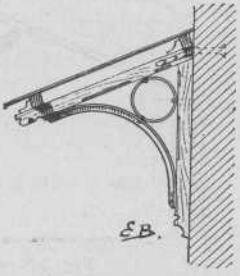


Fig. 529. — Marquesina.

Cobertizos

Un cobertizo es una cubierta que no tiene más que una vertiente. Sirve generalmente para construcciones rurales adosadas a otros cuerpos de edificio.

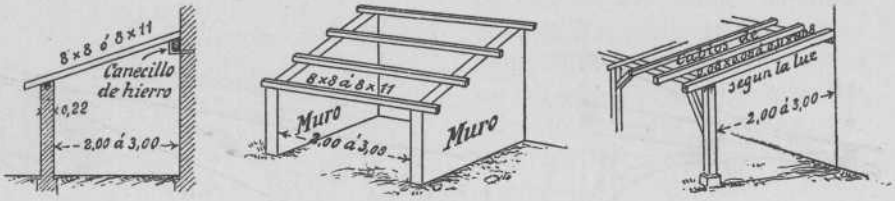
Un caso de los más sencillos es aquel en que la cubierta está compuesta solamente de cabios apoyados sobre un durmiente y sobre un muro (fig. 530) o bien de correas soportadas por paredes perpendiculares al muro donde va adosada la construcción (fig. 531).

A veces el cobertizo va soportado por pies derechos unidos por una carrera y arriostrados por jabalcones (fig. 532).

Si se emplean cabios de 7,5 × 7,5 cm., la profundidad se encuentra limitada a 2,50 ó 3,00 metros, más el saliente fuera de la carrera.

En el caso de la figura 531, la profundidad de la construcción es

ilimitada, y su ancho depende de la escuadría de las maderas empleadas.



Figs. 530, 531 y 532. — Cobertizos.

Muchos cobertizos tienen un carácter provisional y van cubiertos de materiales ligeros: cartón asfaltado, fibro-cemento, etc., que sólo dan un peso muerto de 12 a 15 kilogramos por m², no comprendido el peso de la madera y la sobrecarga accidental.

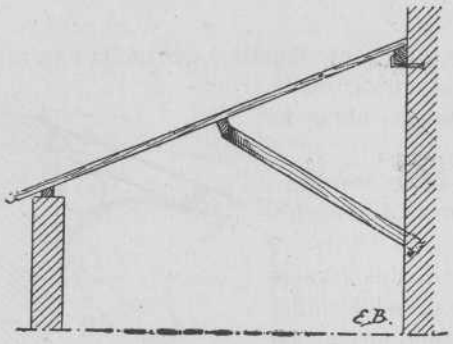
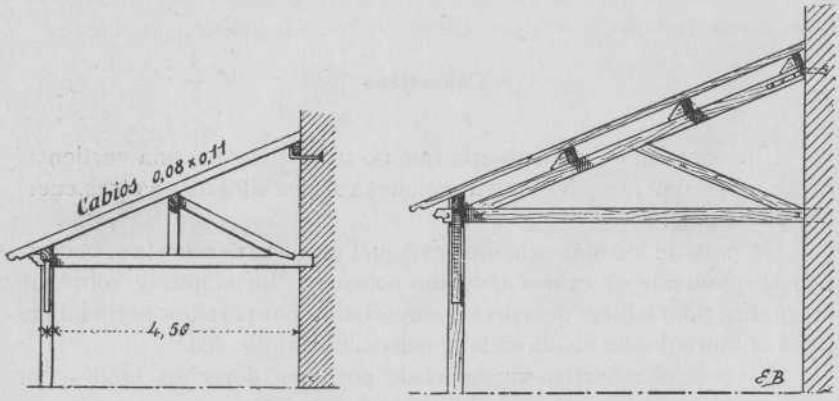


Fig. 533. — Cobertizo.

Cuando se trata de mayores dimensiones, el cobertizo puede construirse como se indica en la figura 533. La profundidad puede hacerse entonces de 5 ó 6 metros con cabios de 7,5 × 7,5, pero se debe procurar no dar a éstos más que una separación restringida, es decir, no imponerles una carga demasiado fuerte que produzca la flexión, pues de otra forma se ejercería una tracción sobre el muro de frente, con una posible dislocación.



Figs. 534 y 535. — Cobertizos.

Con el tipo representado en la figura 534, tenemos casi una cercha

o cuchillo, porque tenemos, por lo pronto, un tirante y un pendolón, y, si consideramos el conjunto de los cabios como equivalente al tornapunta, obtenemos ya los pares, o sea la armadura completa.

La disposición representada en la figura 535 es de dos correas y permite una profundidad mayor. El pendolón ha sido suprimido por-

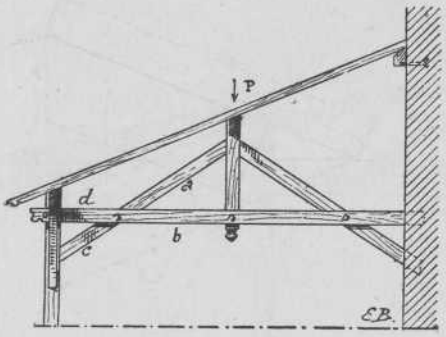


Fig. 536. — Cobertizo.

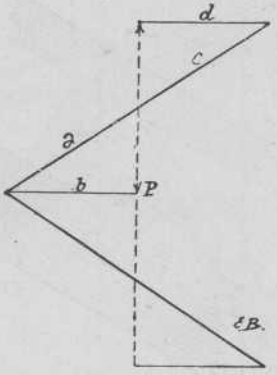


Fig. 537. — Diagrama de esfuerzos.

que no tendría otra función que impedir la flexión del tirante por su propio peso.

La figura 536 es una cercha con tirante prolongado y en forma de cepo.

El diagrama de esfuerzos se construye como indicamos en la figura 537, llevando el peso *P* sobre una vertical y trazando paralelas a los miembros *a, b, c, d,* como en los ejemplos precedentes.

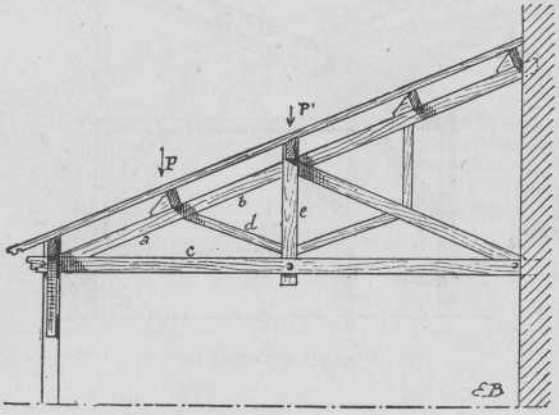


Fig. 538. — Cobertizo.

De mayores dimensiones es el cobertizo que damos en la figura 538. Lleva tres correas, de las cuales la superior tiene su peso referido al

par por medio de un pilarejo. La figura 539 indica la ensambladura de una correa sobre el par.

En la figura 540 damos el esquema gráfico de esta armadura, que consiste, como anteriormente, en llevar el peso P y la mitad del

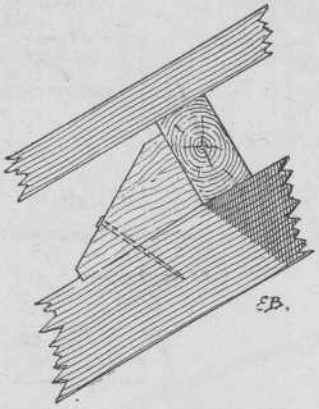


Fig. 539. — Ensamblaje de correa.

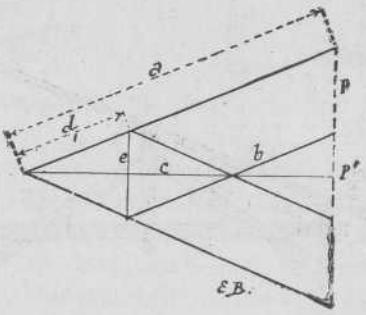


Fig. 540. — Diagrama de esfuerzos.

peso P' sobre una vertical, trazando paralelas para obtener la importancia de los esfuerzos.

El ejemplo de la figura 541 tiene dos tornapuntas encepados por el

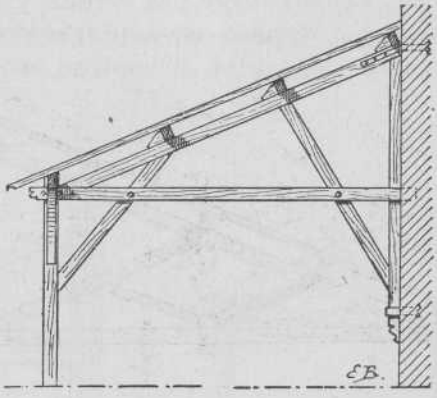


Fig. 541. — Cobertizo.

tirante. Estos tornapuntas refieren la carga al muro y al pie derecho. Se produce, por tanto, sobre éste un empuje que hay que tener en cuenta y que obliga a dar a dicho pie derecho una sección suficiente para resistir a este esfuerzo.

Se hacen también a veces cobertizos con marquesina saliente sobre el pie derecho, por el estilo del que representamos en la figura 542. En este caso, el empuje del tornapunta interior está contrarrestado por el que produce el de la marquesina.

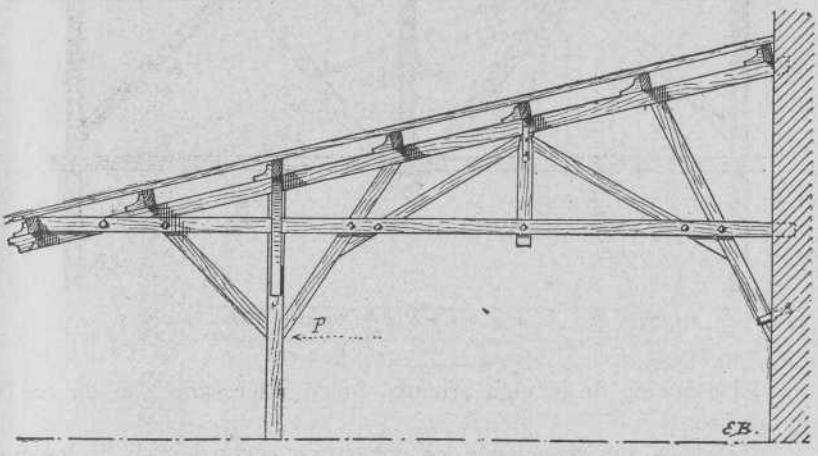


Fig. 542. — Cobertizo.

Véase en la figura 543 un ejemplo utilizable cuando se necesita tener entre pies derechos un espacio libre considerable.

El procedimiento consiste simplemente en sustituir el pie derecho

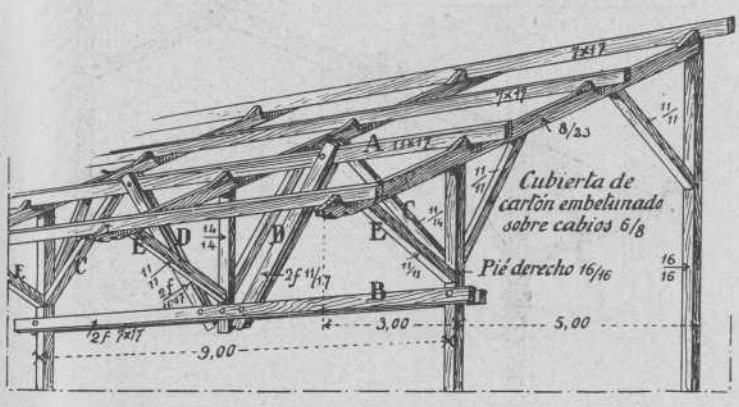


Fig. 543. — Cobertizo.

intermedio por una viga armada, que representamos en la figura 544, y llamamos la atención sobre la disposición de los cepos-tirantes *a*, que afectan la forma de una **V**, lo que permite cogerlos abajo juntos en el cepo *c* y que abracen por arriba la correa *d*.

Los tornapuntas *b* refieren la carga a los pies derechos contiguos.

La figura 545 muestra la disposición del cepo-tirante de que acabamos de hablar.

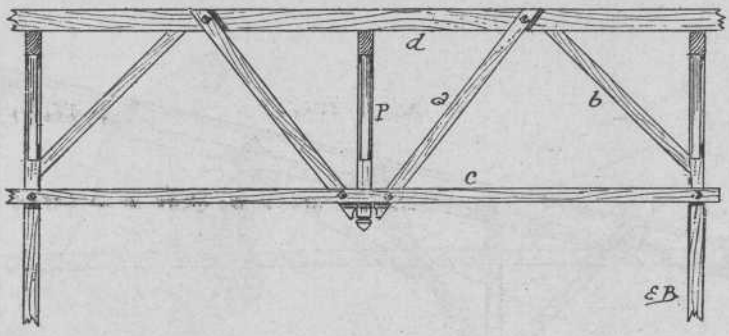
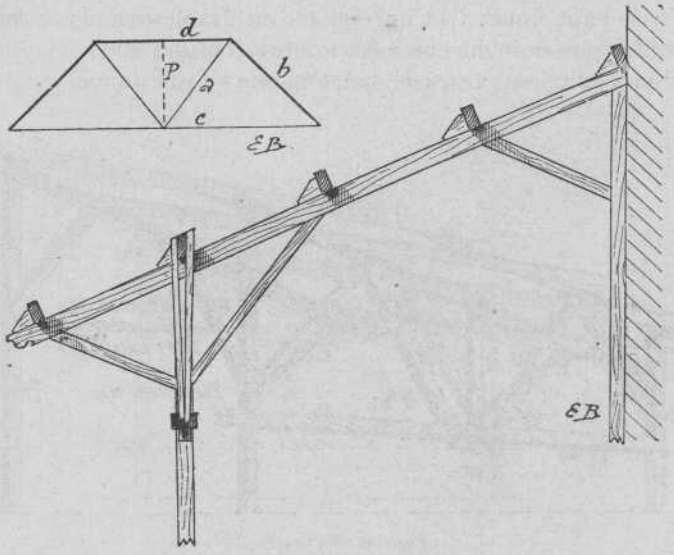


Fig. 544. — Viga armada.

El esquema de la viga armada, único interesante, se da en la figura 546.

Debemos aún mencionar los cobertizos con granero, de los que damos un ejemplo en la figura 547. En ella se ve un gran espacio libre



Figs. 545 y 546. — Corte del cobertizo y esquema.

que permite almacenar mercancías voluminosas. Si estas mercancías son pesadas, se puede reforzar el suelo armando las vigas maestras inferiormente con tirantes de hierro.

Se puede también aprovechar la estructura misma de la cercha

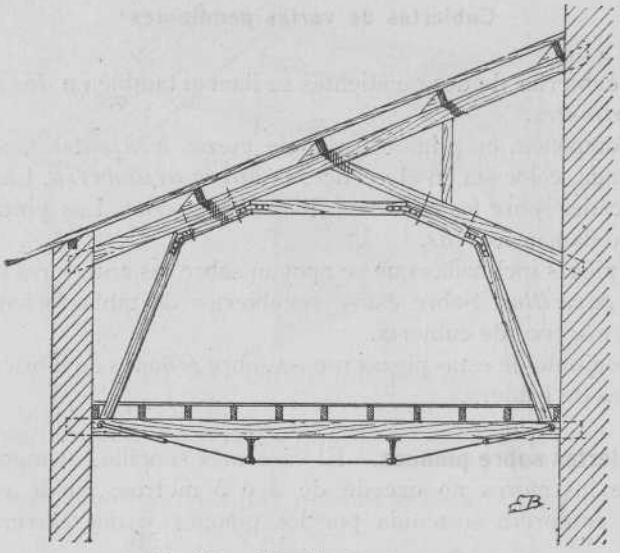


Fig. 547. — Cobertizo con granero.

para dar una gran resistencia al suelo. Es lo que procuramos indicar en

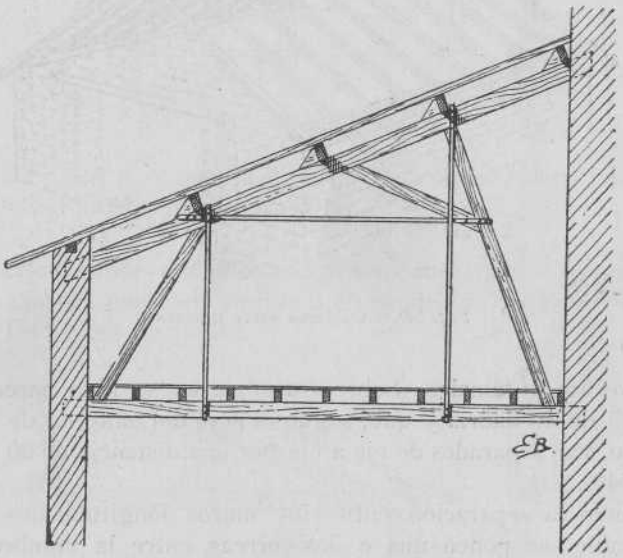


Fig. 548. — Cobertizo con granero.

la figura 548, en la que hacemos intervenir el elemento hierro empleándolo para todas las piezas extendidas.

Cubiertas de varias pendientes

Las cubiertas de dos pendientes se llaman también *a dos aguas,* o *a dos vertientes.*

Se componen, en primer lugar, de piezas horizontales, siendo la más elevada, colocada en el vértice, la *hilera* o *cumbrera.* Las inferiores, colocadas sobre los muros, se llaman *carreras.* Las piezas intermedias se llaman *correas.*

Las piezas inclinadas que se apoyan sobre las anteriores se llaman *cabios* o *parecillos.* Sobre éstos, recubiertos de tablas o listones, se coloca el material de cubierta.

El conjunto de estas piezas reposa sobre *piñones* de fábrica o sobre armaduras de madera.

Cubiertas sobre piñones.—El caso más sencillo, cuando el espacio entre los muros no excede de 4 ó 5 metros, puede realizarse con una cumbrera sostenida por los piñones y dos carreras sobre

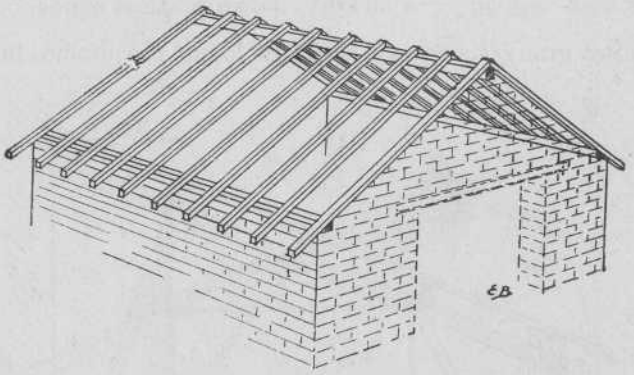


Fig. 549. — Cubierta sobre piñones.

los muros longitudinales. Sobre estas piezas se fijan parecillos de 7,5 × 7,5 de escuadría y que, según el peso del material de cubierta empleado, van separados de eje a eje por una distancia de 30 a 60 cm. (figura 549).

Cuando la separación entre los muros longitudinales es más considerable, se ponen una o dos correas entre la cumbrera y la carrera, de modo que la luz de los cabios no pase de 2,50 m. como máximo.

Puede existir a veces ventaja en colocar las correas un poco más próximas, 1,75 a 2,00 m. aproximadamente, y reemplazar los cabios

por un entarimado o aun por simples tablas de 2,5 a 3,7 cm. de

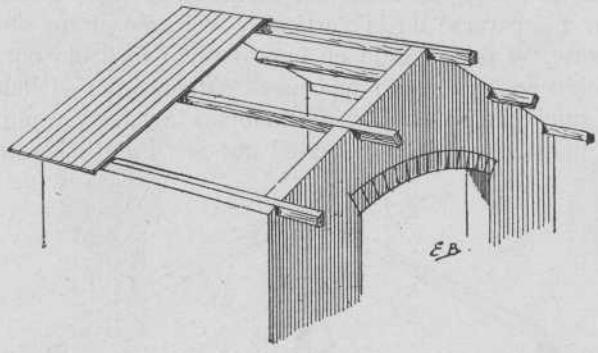


Fig. 550. — Cubierta sobre piñones.

espesor, según que los materiales de cubierta sean ligeros o pesados (figura 550).

Se puede también evitar, por razones de luz y ventilación, la parte

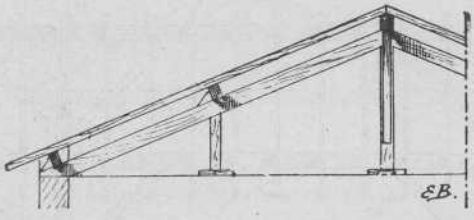
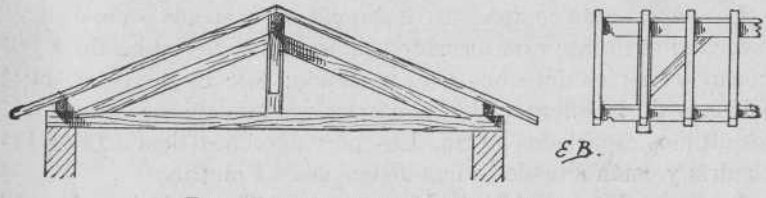


Fig. 551. — Cubierta sobre pilarejos.

superior del piñón y apoyar la hilera y las correas sobre pilarejos o *velas,* como se indica en la figura 551.

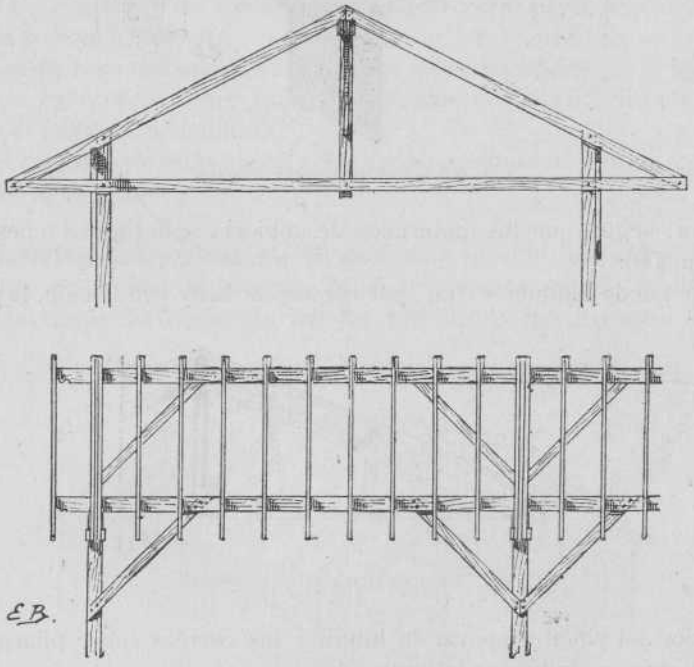
Cubiertas sobre cuchillos.—La armadura más elemental está compuesta de dos pares, un tirante y un pendolón. Es la que representamos en las figuras 552 y 553.



Figs. 552 y 553. — Cubierta sobre cuchillos.

Los piñones de mampostería, sobre todo en las pequeñas construcciones, presentan casi siempre una estabilidad suficiente para no nece-

sitar arriostramiento. No ocurre lo mismo con las cerchas, que podrían tener tendencia, bajo la acción del viento o de una fuerza exterior cualquiera, a separarse de la vertical y volcarse. Para obviar este inconveniente, se hace rígido el ángulo recto formado por la hilera y el pendolón por medio de una pieza oblicua, que se llama tornapunta de cumbrera, la cual va ensamblada a caja y espiga con las otras dos piezas. Este *jabalcón* es el que se ve en la figura 553.



Figs. 554 y 555. — Cubierta sobre cuchillos.

Las figuras 554 y 555 muestran una cubierta económica, utilizable para tinglados provisionales y que soporta un material de cubierta ligero.

Los pares están compuestos de dos piezas formando cepo, de 6 × 17 de sección; el tirante está formado asimismo por dos tablas de 4 × 17, encepando los pies derechos y el pendolón; éste es de 14 × 14; los jabalcones de la hilera y de las carreras y los cabios son de 4 × 11; estos últimos espaciados 50 cm. Los pies derechos tienen 14 × 14 de escuadría y están situados a una distancia de 4 metros.

La figura 556 indica el doble encepado del pendolón por los pares y la cumbrera, y la figura 557 muestra cómo los cabios se acoplan uno contra otro. Para fijarlos en su sitio e impedir su vuelco, hay que entallarlos suficientemente para poderlos clavar.

Cuando es más considerable el espacio que haya que cubrir, es

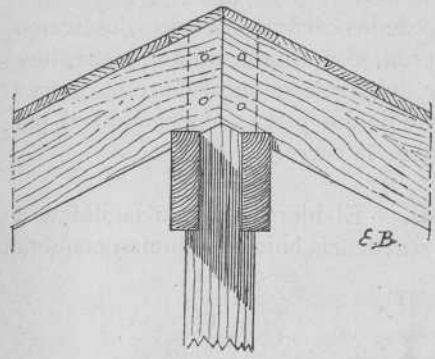


Fig. 556. — Hilera.

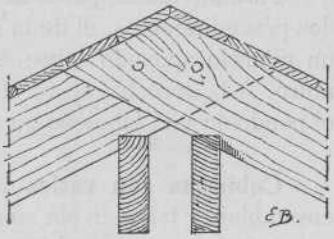


Fig. 557. — Unión de los cabios.

decir, cuando la luz de los cabios exceda de 2,50 m., se intercala una correa entre la hilera y la carrera (fig. 558) y se alivian los pares, es

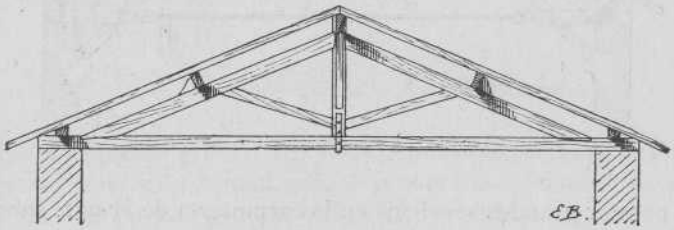


Fig. 558. — Cercha con una correa.

decir, se les evita un trabajo de flexión, por medio de dos tornapuntas que se apoyan bajo las correas y en el pendolón.

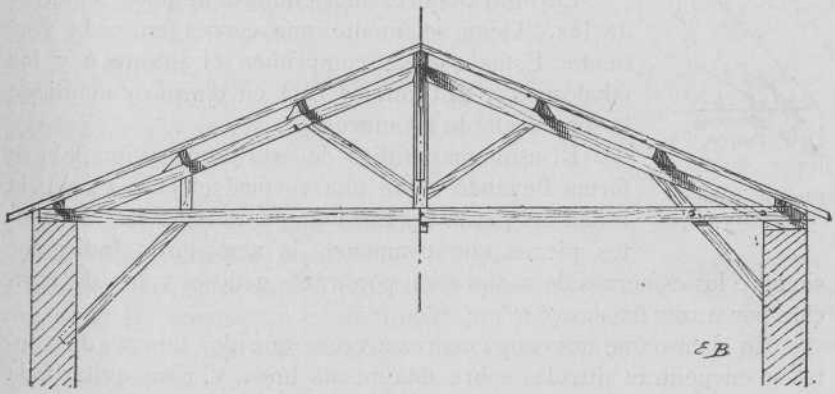


Fig. 559. — Cercha con dos correas.

Una cercha del mismo sistema está representada en la figura 559,

pero con dos correas, lo que corresponde a una luz total de 12 a 14 metros.

Para aliviar los pares del peso de las correas inferiores, indicamos dos procedimientos: el de la izquierda, con tirante de una pieza, lleva un pilarejo apoyado sobre éste y un jabalcón que refiere la carga al muro. A la derecha, se ve el tirante de dos piezas, encepando el par, el pendolón y el jabalcón que sostiene la correa.

Cubiertas con varios tirantes. — El hierro, por su facilidad de ensamblaje y también por su gran resistencia bajo un volumen pequeño,

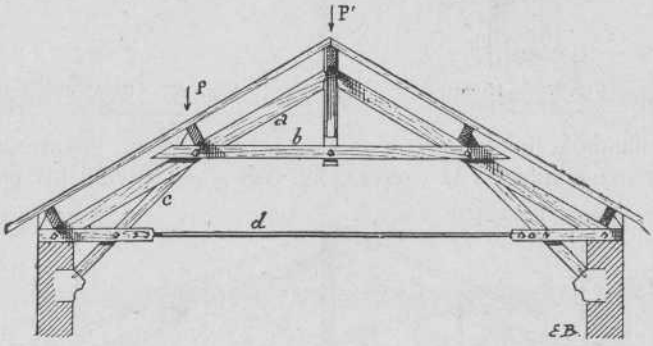


Fig. 560. — Cubierta de dos tirantes.

puede prestar grandes servicios en la carpintería de armar, sobre todo para las piezas sometidas a tracción. En esta obra, especialmente consagrada a la madera, no lo emplearemos sino en tirantes y, desde luego, en piezas accesorias de carpintería, como bridas, estribos, etc.

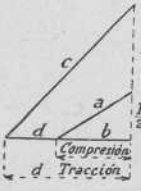


Fig. 561.—Diagrama de esfuerzos.

La figura 560 es una cubierta de unos 9 metros de luz. Tiene solamente una correa en cada vertiente. Estas correas comprimen el tirante *b* y los jabalcones *c*. El tirante *d* está en tensión y mantiene la separación de los muros.

El esquema gráfico de esta cercha (fig. 561) se forma llevando sobre una vertical el peso *P*, más la mitad del peso *P'* y trazando paralelas a las diferentes piezas que componen la armadura. Indicamos siempre los esfuerzos de compresión por trazos gruesos y los de tracción por trazos finos.

En el caso que nos ocupa ocurre a veces que dos fuerzas diferentes se encuentran situadas sobre una misma línea, y, para evitar toda confusión, precisamos bien el trabajo de cada pieza, su naturaleza y su importancia.

La figura 562 es una cubierta con dos correas en cada vertiente.

La correa superior está sostenida por un tornapunta *d*, y el tirante *c* está a la vez comprimido y extendido: comprimido en el sentido que el peso de la correa inferior se transmite oblicuamente al jabalcón *f* y horizontalmente al tirante *c*.

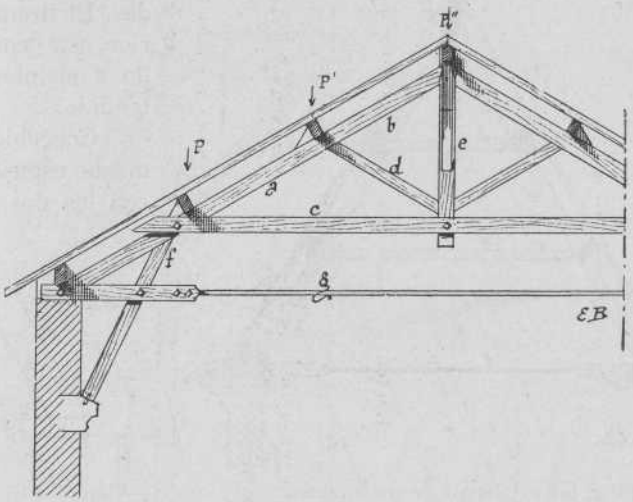


Fig. 562. — Cercha de dos tirantes.

En el esquema gráfico (fig. 563) hemos despreciado el esfuerzo de compresión que, en realidad, sólo se produciría si en lugar de un muro tuviéramos un pie derecho que pudiera flexarse bajo la acción del jabalcón *f*, y entonces el peso *P* se encontraría referido horizontalmente al tirante *c*.

El tirante *g* mantiene la separación de los muros.

Para trazar el esquema, se procede como en el ejemplo precedente, llevando las cargas P, P', $\frac{P''}{2}$ sobre una vertical, trazando paralelas a los miembros y midiendo en seguida los esfuerzos según la escala adoptada.

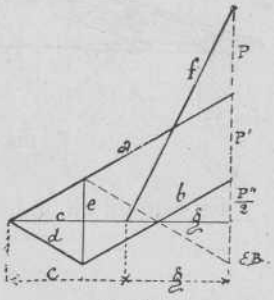


Fig. 563.
Diagrama de esfuerzos.

La construcción de cubiertas agudas con varios tirantes puede hacerse eliminando ciertas piezas. La figura 564 nos ofrece un ejemplo: las cargas de las correas se equilibran en un empuje horizontal sobre los tirantes *d* y *e*, para descargarse en compresión sobre las porciones de pares *a* y *b*.

El trazado del cálculo gráfico (fig. 565) es muy sencillo: llevadas las cargas sobre una vertical, se trazan paralelas como en los casos precedentes.

Otro tipo de cubierta sin tornapuntas se representa en la figura 566. Aquí los pares están sometidos a un esfuerzo de flexión, por lo que se han reforzado en las partes interesadas. El tirante superior está comprimido y el inferior extendido.

Concebida en el mismo espíritu, pero con los dos tirantes

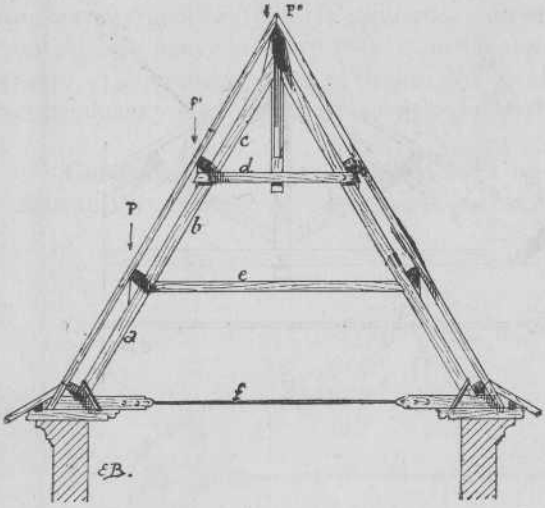


Fig. 564. — Cubierta de tres tirantes.

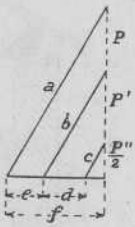


Fig. 565. — Esquema.

de madera, la cubierta de la figura 567 tiene tres correas en cada vertiente.

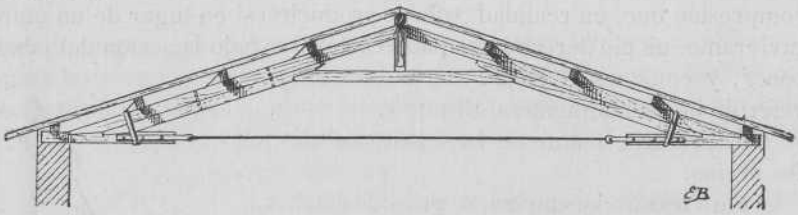


Fig. 566. — Cubierta de dos tirantes.

En este dibujo indicamos la forma de consolidar el tirante inferior

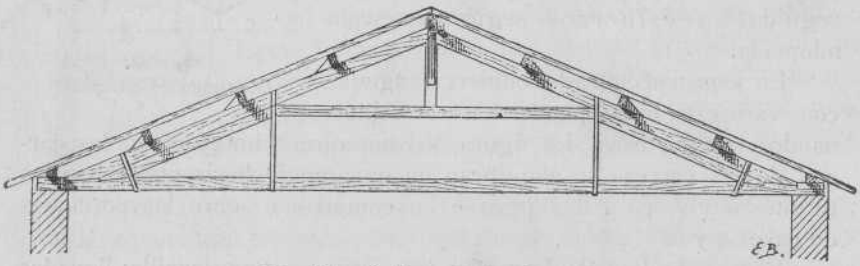


Fig. 567. — Cubierta de dos tirantes.

para el caso en que se le quisiera hacer soportar un suelo ligero o sus-

pender de él aparatos o transmisiones. Este resultado se obtiene por dos cabillas verticales, simples pernos que atraviesen las maderas, o bien hierros planos formando estribos.

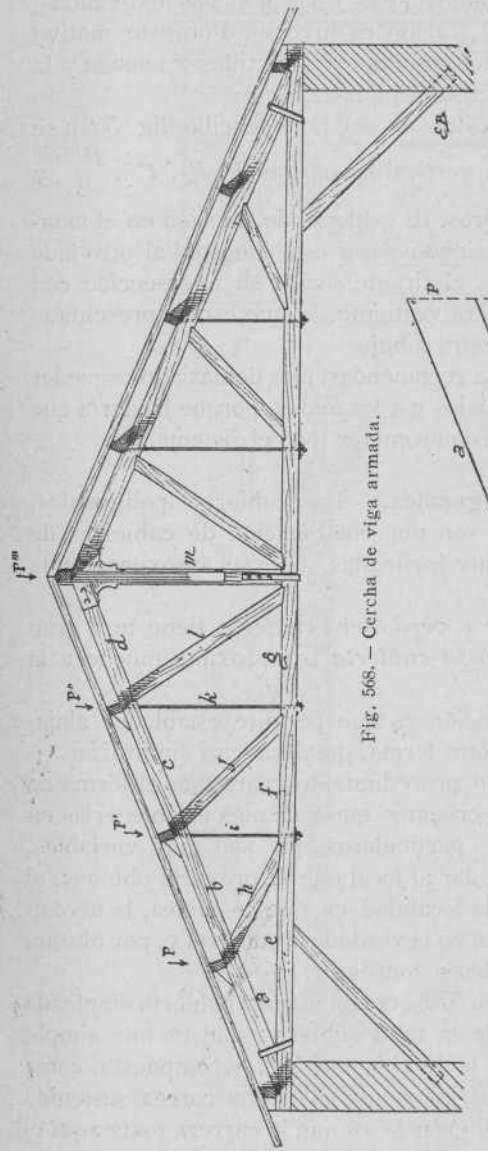


Fig. 568. — Cercha de viga armada.

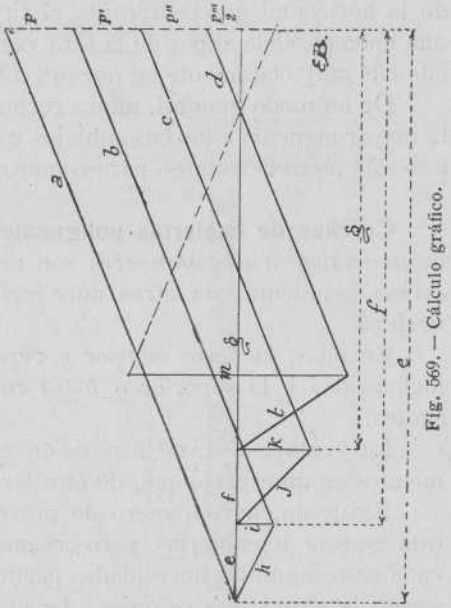


Fig. 569. — Cálculo gráfico.

Cercha de viga armada.—Todas las cerchas son en realidad vigas armadas, cualquiera que sea la disposición de sus elementos resistentes, pero algunas tienen más especialmente el aspecto que se acostumbra dar a las vigas.

Nuestro ejemplo (fig. 568) no es, en realidad, más que una viga cuyos miembros o *cordones* superior e inferior no son paralelos. Desde luego, la forma influye sobre los esfuerzos, porque en la viga de Pratt son las piezas verticales las comprimidas y las oblicuas extendidas, mientras que en una cercha el trabajo es inverso. Por este motivo hemos escogido el hierro para los montantes sometidos a tensión y la madera para las piezas oblicuas comprimidas.

El cálculo gráfico de los esfuerzos es muy sencillo (fig. 569): se llevan sucesivamente sobre una vertical las cargas P, P', P'', $\frac{P'''}{2}$, y se trazan paralelas a los miembros. El esfuerzo de tracción en el montante-pendolón M se obtiene haciendo pasar esta longitud al otro lado de la horizontal que representa el tirante, hasta su intersección con una línea paralela al par de la otra vertiente, lo que está representado además muy claramente en nuestro dibujo.

De un modo general, nunca recomendaremos demasiado conceder la mayor atención a los ensamblajes y a los nudos, porque bastaría que uno solo fuera defectuoso para comprometer todo el sistema.

Cerchas de cubiertas poligonales. — Las cubiertas poligonales, de *mansarda* o *a la Mansard,* son una combinación de cubiertas de escasa pendiente con otras muy inclinadas, que se aproximan a la vertical.

En ellas, la parte inferior o *verdadera cubierta* tiene una gran inclinación, y la superior o *falsa cubierta* se aproxima mucho a la azotea.

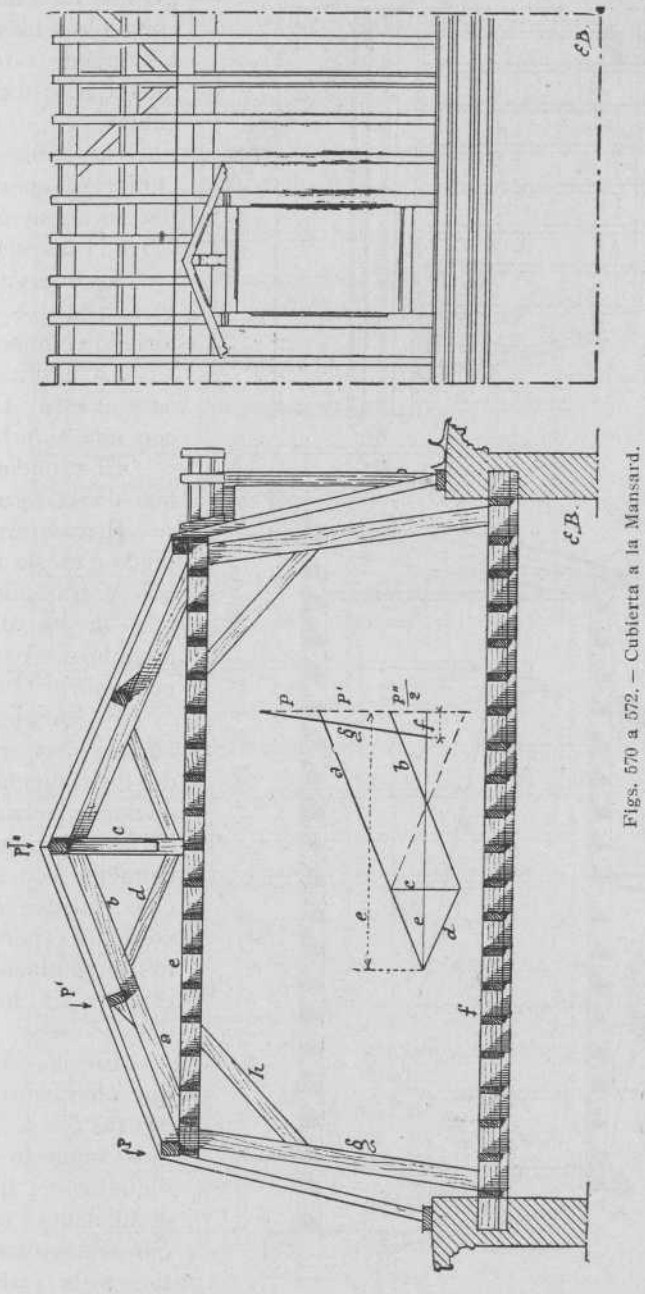
La ventaja de esta disposición es que permite establecer alojamientos en un espacio que, de otra forma, quedaría casi sin utilizar.

Existe un cierto número de procedimientos para fijar la forma de esta especie de cubiertas, pero creemos que vale más establecerlas en cada caso según las necesidades particulares, que son muy variables, según la altura que se quiera dar al local que se proyecta obtener, el ancho del edificio, el clima de la localidad en que se edifica, la necesidad de aproximarse a la vertical en la verdadera cubierta y, por último, el efecto arquitectural que se desea conseguir.

Nuestro ejemplo (figs. 570 a 572) representa una cubierta empleada frecuentemente. Se compone de la falsa cubierta, que es una simple cubierta rebajada, semejante a la de la figura 558, y compuesta, como aquélla, de un tirante, dos pares, un pendolón y una correa sostenida por un tornapunta. La única diferencia es que la carrera toma aquí el nombre de *correa de arista.*

Esta falsa cubierta reposa sobre la cubierta verdadera, formada por los pares *g,* que tienen el pie ensamblado al tirante o a la viga *f* y la cabeza al tirante *e,* sobre el que reposan las correas de arista.

Para impedir la deformación del trapecio, se añaden a veces jabal-



Figs. 570 a 572. — Cubierta a la Mansard.

cones *h*, que aseguran la rigidez y que pueden evitarse cuando existen tabiques.

Cuando se dispone de muros de piñón bastante próximos, este género de cubiertas, como todas las restantes, puede no llevar más que correas y cabios.

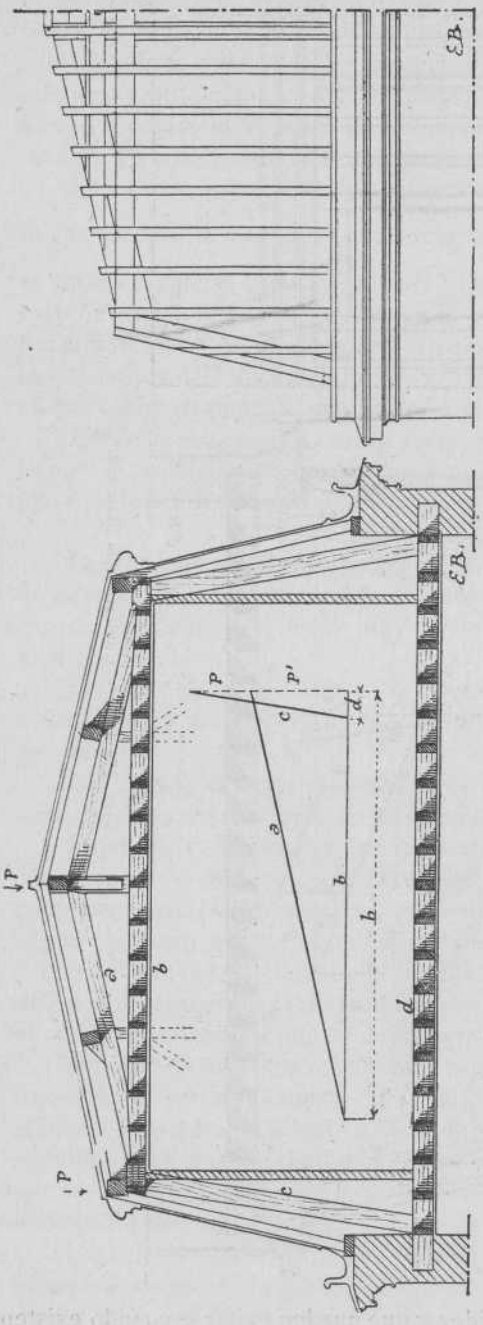
Los cabios de la cubierta superior se hacen casi siempre de 7,5 × 11 de escuadría, y en los intervalos van guarnecidos de un forjado en hueco.

La figura 571 es una vista lateral con una *buharda*.

El esquema gráfico de la figura 572 se construye transportando a escala las cargas y trazando paralelas a los distintos miembros, como de costumbre.

Frecuentemente, cuando hay paredes de distribución y su distancia permite hacerlas coincidir verticalmente con las cerchas, pueden ir éstas sostenidas por maderas embutidas en el espesor de los tabiques.

En la cubierta que ofrecemos en las figuras 573 a 575 hemos supuesto un tabique en el que van disimuladas maderas que triangulan y sostienen la cubierta. Además, hemos indicado en sección, en la figura 573, tabiques verticales, que se



Figs. 573 a 575. – Cubierta a la Mansard.

hacen tan ligeros como sea posible y que cuadran la pieza habitable.

La figura 574 muestra la vista lateral de esta cubierta con indicación de un faldón o vertiente transversal, que forma pabellón. Y en

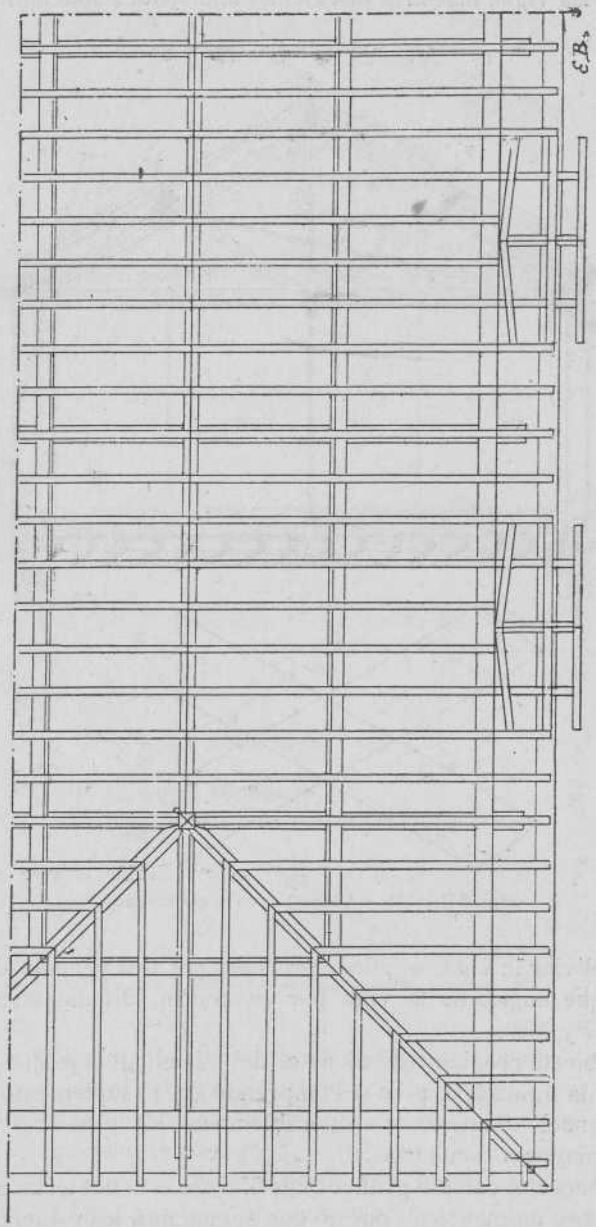
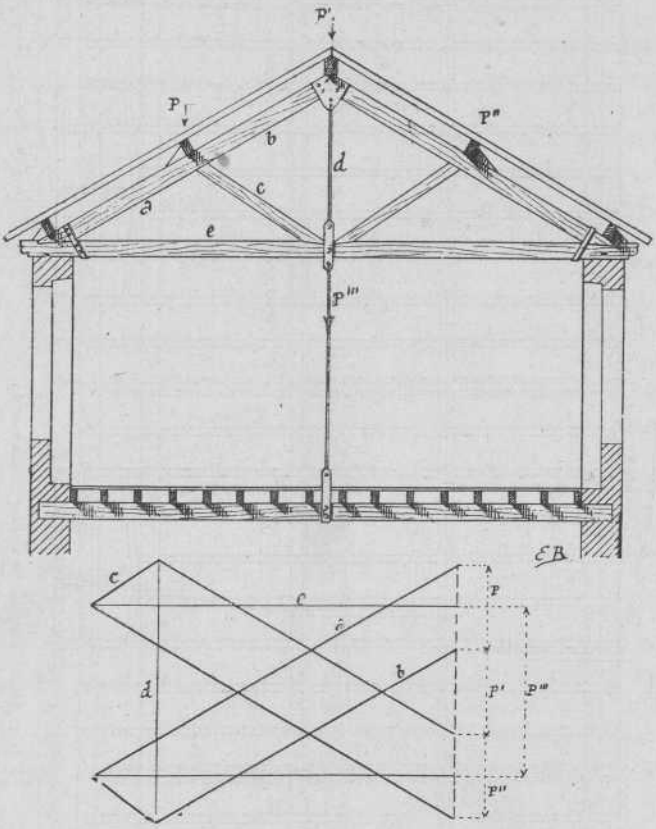


Fig. 576. — Planta de cubierta mansarda.

la figura 576 se ve en planta esta cubierta, terminada en pabellón por uno de sus extremos.

Cubiertas con suelo colgado.—Ocurre a veces que es indispensable conservar un gran espacio libre, sin puntos de apoyo molestos, y que, al mismo tiempo, la luz es demasiado considerable para ser franqueada por las vigas maestras ofreciendo una solidez suficiente.



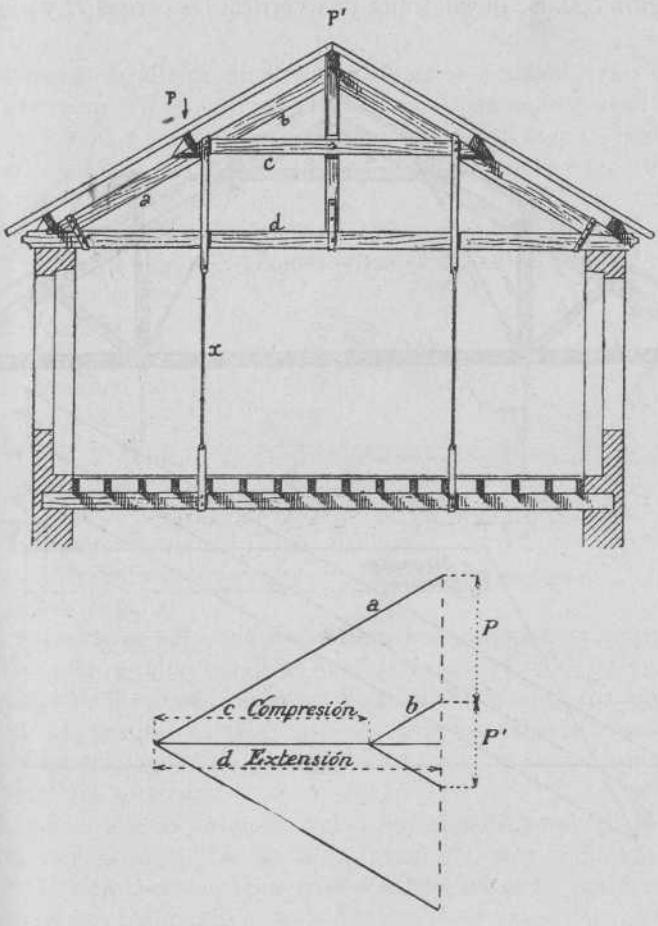
Figs. 577 y 578. – Cubierta con suelo colgado.

Para aliviar la viga, se puede proceder por una péndola de hierro redondo, que engancha la viga por su centro, dividiendo así su luz (figuras 577 y 578).

La cubierta propiamente dicha es del mismo género que la representada en la figura 558, pero se comprende que el suplemento de carga debido al suelo aumenta considerablemente los esfuerzos y obliga a adoptar mayores escuadrías.

Para hacer el cálculo gráfico (fig. 578) de esta cubierta, se llevan, siempre sobre una vertical, puesto que suponemos los esfuerzos verticales, las cargas P, P', P'', y después encima de la longitud P', simétricamente y a la misma escala, la carga P''', y se trazan horizontales

paralelas al tirante *e*. Al cortarse éstas con la paralela a *a*, se fija la importancia del esfuerzo sobre el primer tramo *a* del par y sobre el tirante *e*. Por la intersección de las líneas *a* y *e* se traza una paralela a *c* que, al cortarse con la línea *b*, da el trabajo impuesto a estas



Figs. 579 y 580. — Cubierta con suelo colgado.

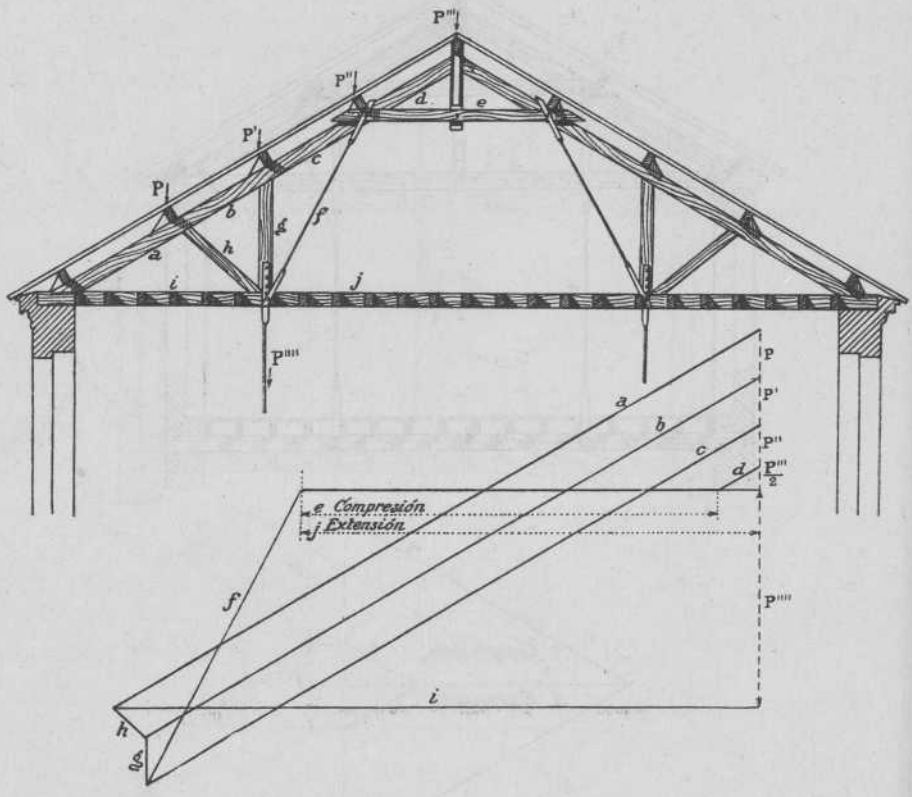
piezas *b* y *c*. Por el punto de intersección *b c* se traza una paralela al pendolón *d*, que da el esfuerzo de tracción.

La péndola de hierro debe tener una sección neta capaz de soportar con toda seguridad el peso *P'''*.

Sea porque la luz resulte demasiado grande o porque la péndola en el centro estorbe, conviene algunas veces suspender el suelo por varias péndolas. Un ejemplo se ve en las figuras 579 y 580. El sistema de cercha difiere del anterior en que lleva dos tirantes, estando el

tirante c comprimido y extendido el d, que mantiene la separación de los muros.

Las cargas resultantes del suelo pueden considerarse en este caso como referidas a las correas, lo que simplifica mucho el cálculo gráfico de la figura 580. Se llevan sobre una vertical las cargas P y $\frac{P'}{2}$ y se



Figs. 581 y 582. — Cubierta con suelo colgado.

trazan paralelas a los diferentes miembros, como en los casos precedentes.

Otro sistema está representado en las figuras 581 y 582. Éste, de una luz mayor, lleva tres correas, lo que cambia naturalmente un poco el sistema de triangulación de la armadura.

El esquema gráfico se construye como indica la figura 582, transportando a escala las cargas P, P', P'', $\frac{P'''}{2}$, y del final de ésta parte la horizontal que da los esfuerzos de compresión y de tracción sobre los tirantes e y j; después, a continuación, hacia abajo, se lleva P''',

cuyo límite de esfuerzo está fijado por su encuentro con una paralela al tramo *a* del par, y los otros esfuerzos se encuentran trazando paralelas a los miembros, según indica nuestro grabado.

Las péndolas deben presentar una sección neta adecuada para no trabajar a más de 6 u 8 kilogramos por milímetro cuadrado, según el coeficiente a que se quiera hacer trabajar el hierro.

Cubiertas de diente de sierra, o sheds. — Las cubiertas llamadas *sheds* tienen su origen en Inglaterra. La palabra inglesa shed tiene su equivalente en las palabras españolas *cobertizo* o *tejadillo,* pero debido a su forma y a que generalmente van reunidas en grupo, se suelen llamar *diente de sierra.*

No por ser quizá poco estéticas, dejan estas cubiertas de ser muy útiles, porque en muchas industrias es necesario disponer de abundante luz, ampliamente distribuída y con el máximo de uniformidad.

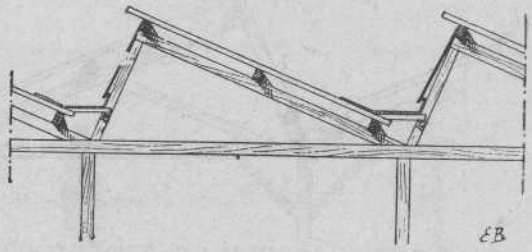


Fig. 583. — Cubierta shed.

Este resultado se obtiene cubriendo de cristales la vertiente más inclinada y orientándola hacia el norte, para evitar así la excesiva intensidad de los rayos directos del sol y captando sólo una luz difusa, que garantiza en lo posible la constancia y la regularidad de la iluminación.

La idea de la exposición al norte, para obtener una luz apropiada, no es nueva, porque se sabe que siempre los talleres y estudios de artistas y especialmente de pintores se orientan de esta manera para evitar los rayos solares.

No existen reglas absolutas sobre la forma de los sheds; pero, no obstante, generalmente se da a la vertiente más inclinada de 60 a 67°30'; 90° al ángulo superior y 30 a 22°30' sobre la horizontal a la vertiente menos inclinada.

Pero debemos decir que estos valores no son sino una indicación, y que se puede variar la forma hasta situar la vertiente encristalada enteramente vertical, y, por último, que la forma de la cubierta debe ser apropiada al destino que se ha de dar al edificio.

La luz de las cubiertas shed varía ordinariamente entre 5 y 10 metros. Se pueden construir sin correas cuando la luz es pequeña, de 4 metros a lo sumo; basta emplear maderas suficientemente fuertes.

Nuestro ejemplo de la figura 583 lleva una correa. El par de la vertiente mayor que la soporta trabaja a flexión, puesto que lleva la correa en su centro, debiendo presentar, por tanto, una sección adecuada. El

par de la vertiente pequeña no es en realidad más que un tornapunta, que trabaja a compresión. El tirante puede ser de una pieza, ensamblado a la cabeza de los pies derechos, o también formado de dos cepos.

En la figura 584 hemos supuesto una luz más considerable, y el par, que lleva una correa, va aliviado por un tornapunta.

Cuando los pies derechos no están empotrados en su parte inferior, que es el caso más general, procede el arriostramiento por medio de jabalcones y tornapuntas ensamblados oblicuamente al pie derecho y al tirante o a la carrera, según la dirección del esfuerzo que tiende a deformar el conjunto.

En las cubiertas de diente de sierra, la parte encristalada está constituída por hierros que sostienen las vidrieras, generalmente hierros ⊥ del comercio, atornillados a la cumbrera por arriba, y por abajo a una

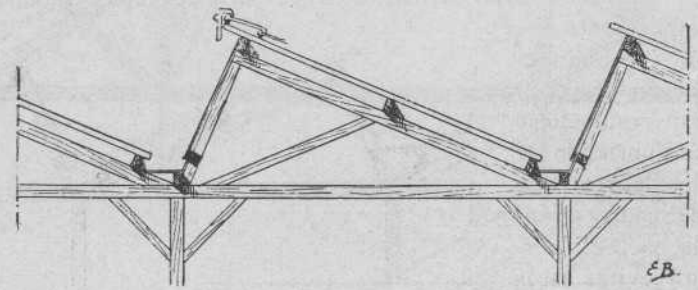


Fig. 584. — Cubierta en diente de sierra.

correa dispuesta *ad hoc,* junto a la canal, de forma que permita la circulación de las aguas en esta última.

La cubierta representada en las figuras 585 y 586 es de mayor luz y tiene dos correas. El par de la vertiente mayor está reforzado por una pieza que dobla su sección y que refiere el peso de las correas al tornapunta *c*. El arriostrado se hace por ménsulas de fundición fijas por medio de tirafondos o pernos.

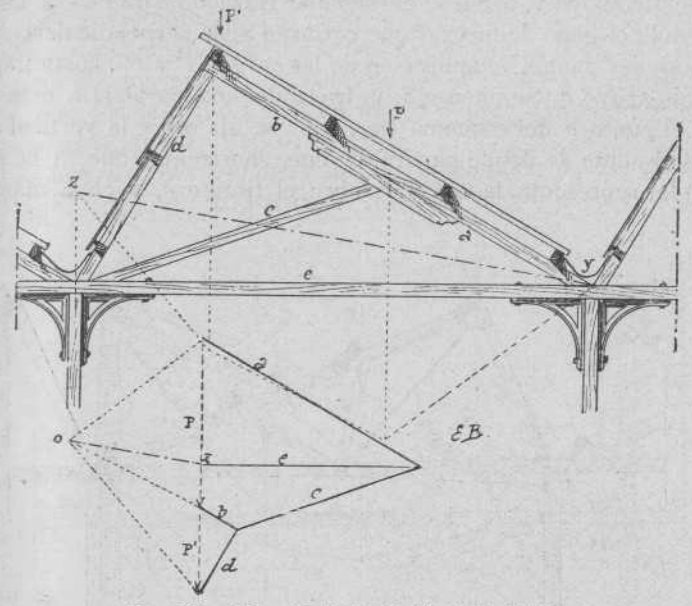
Siendo asimétricas las cubiertas shed, resulta que las cargas sobre sus puntos de apoyo pueden ser diferentes. Cuando las cubiertas están agrupadas, esto carece de importancia para el pie derecho, en que se suman las cargas de una vertiente grande y una pequeña, pero puede tener influencia sobre la fuerza de las piezas que componen la armadura, y el cálculo gráfico debe hacerse teniéndolo en cuenta.

Esta observación es aplicable a todas las cubiertas, aun siendo simétricas, en las cuales las cargas de la derecha y de la izquierda sean distintas.

Se trata, pues, de determinar la reacción sobre cada apoyo, y para esto puede procederse en la forma siguiente:

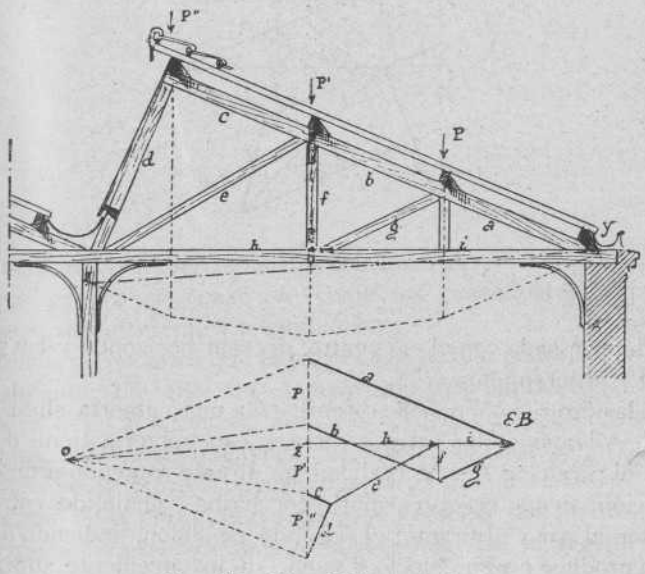
Suponiendo las cargas verticales, bájense líneas en esta dirección

desde cada punto de aplicación, como se indica por medio de puntos en



Figs. 585 y 586. — Cubierta en diente de sierra.

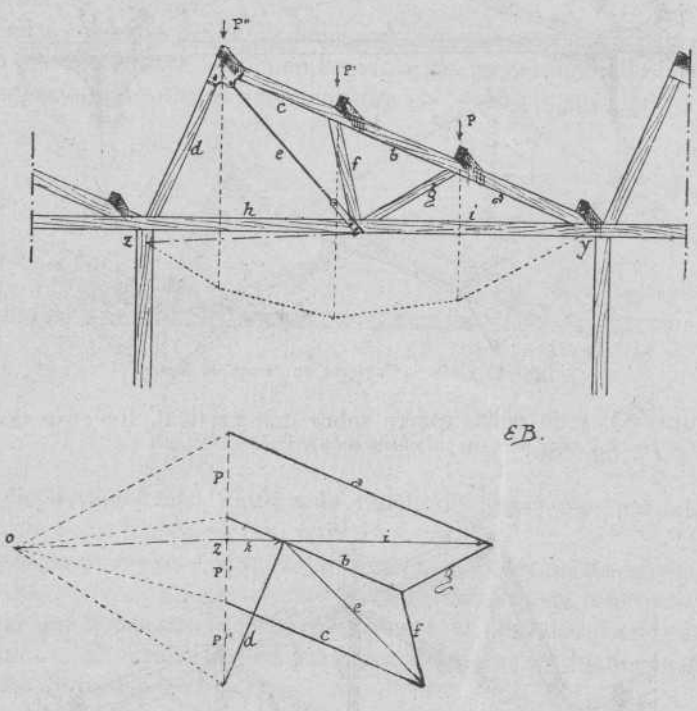
la figura 585, y después, aparte sobre una vertical, llévense las cargas P y P' (fig. 586).



Figs. 587 y 588. — Cubierta shed.

Desde un punto *o*, escogido arbitrariamente, trácense radios que lo

unan con la vertical para formar el polígono de fuerzas. Después, desde el punto de apoyo *y*, fórmese el funicular trazando paralelas a las tres líneas del polígono de fuerzas que cortarán a las perpendiculares bajadas desde los puntos de aplicación de las cargas *P* y *P'*, hasta llegar al punto de apoyo *z*. Se unen *y z*, y, trazando una paralela a esta línea desde el punto *o* del esquema (fig. 586), se fija sobre la vertical de las cargas el punto de donde partirá la línea horizontal que, a la escala adoptada, representa la tensión sobre el tirante *e*, y cuya magnitud



Figs. 589 y 590. — Cubierta shed.

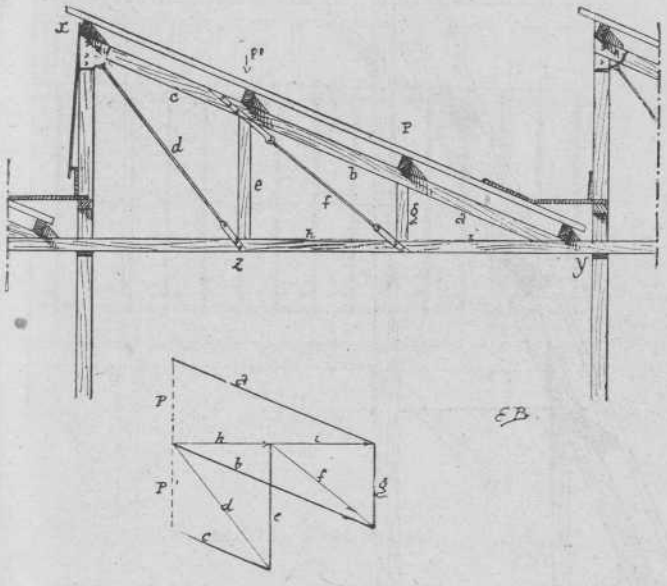
queda determinada con el encuentro de esta horizontal y las paralelas al par *a* y al tornapunta *c*.

En las figuras 587 y 588 se representa una cubierta shed de viga armada. Además de los pares y correas, esta cubierta tiene dos tornapuntas; el pendolón *f* es en realidad un tirante sometido a un esfuerzo de tracción, siendo preciso armarlo por arriba y abajo, de estribos que lo sujeten al par y al tirante; el segundo pendolón, indicado a la derecha, no produce ningún efecto y puede sin inconveniente suprimirse si el tirante *i* no soporta ninguna carga. Otra cosa sería si sobre este tirante insistiese una carga cualquiera, por ejemplo, un soporte de

transmisión. En este último caso, convendría proveerlo de estribos como al de la izquierda.

Para trazar el diagrama de esfuerzos de la figura 588, se procede como para el anterior, con más líneas que representan los esfuerzos, puesto que los miembros son en mayor número, pero la manera de proceder es la misma.

Las figuras 589 y 590 dan aún otra disposición de las piezas que componen la cubierta. El par de la vertiente mayor es en realidad una



Figs. 591 y 592. – Cubierta shed.

viga atirantada inferiormente y colocada con cierta inclinación. El esquema gráfico se construye como los precedentes, trazando los esfuerzos paralelamente a los miembros.

Hemos dicho antes que la parte encristalada podía ser establecida verticalmente. De ello son ejemplo nuestras figuras 591 y 592. Esta armadura tiene la forma de una semicercha inglesa, con sus piezas verticales, más cortas, comprimidas, resistiendo así mejor al pandeo, mientras que las piezas oblicuas, más largas, están tendidas. Como el peso propio de la pieza influye poco, se les puede dar sin inconveniente la sección neta que tendrían si, estando sometidas al mismo esfuerzo, fueran más cortas.

Para el diagrama de esfuerzos (fig. 592), hemos supuesto iguales las reacciones en los puntos de apoyo; los verdaderos puntos de apoyo

son ahora *x, y;* la cercha es una viga inclinada, *x, y, z,* y el pie derecho se prolonga hasta *x,* punto de apoyo.

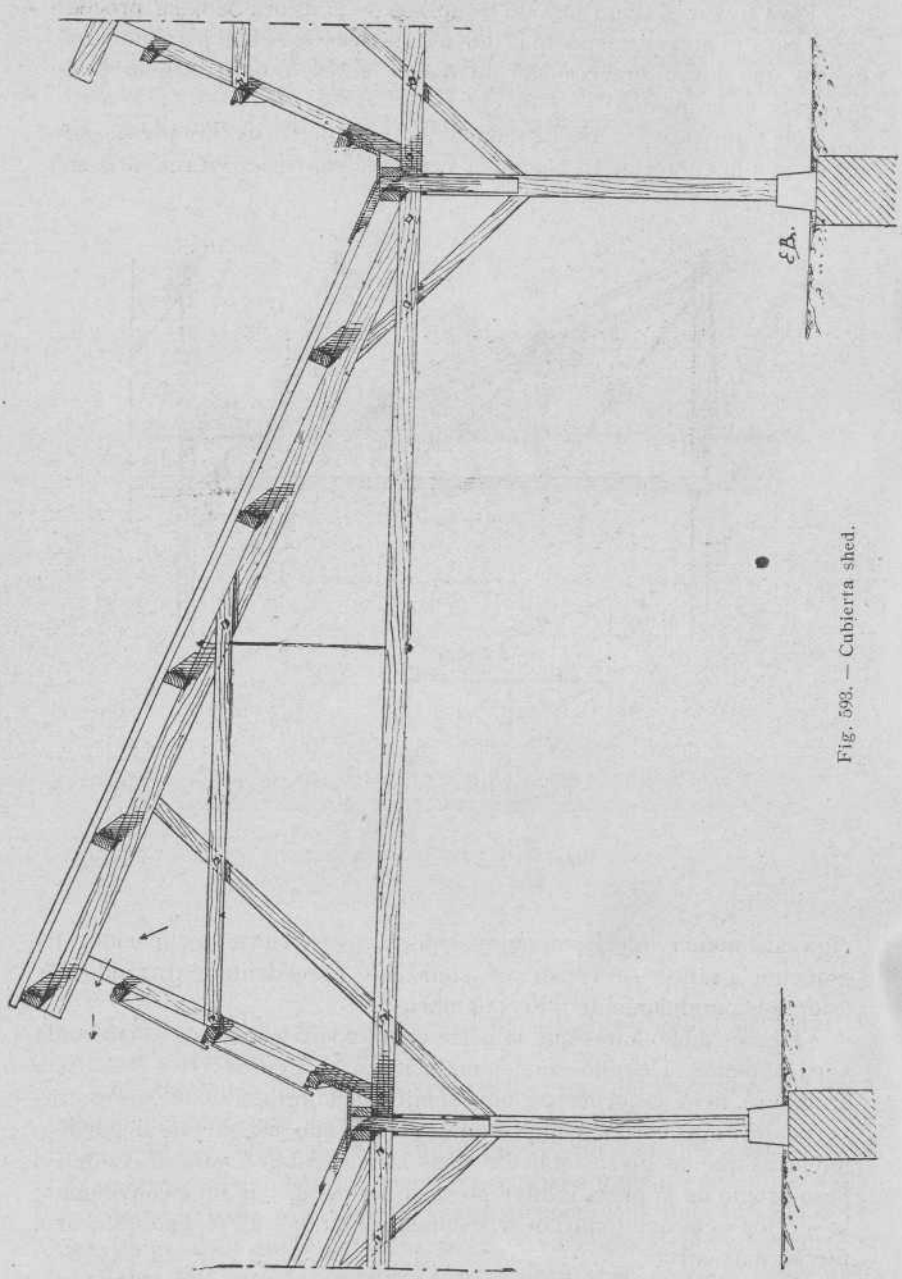


Fig. 593. — Cubierta shed.

La figura 593 representa una cubierta de diente de sierra de

una luz aproximada de 10 metros; tiene cuatro correas, pero podría suprimirse una y sostener directamente las correas superior e inferior por medio de los tornapuntas y la intermedia por el falso tirante. Se suprimiría de este modo toda flexión en el par de la vertiente mayor. Pero tal como se representa, los esfuerzos de flexión son poco importantes y puede ser enteramente satisfactoria.

El hierro vertical colocado en el centro tiene por misión impedir la flexión del tirante, ya debida a su propio peso o a cualquier carga

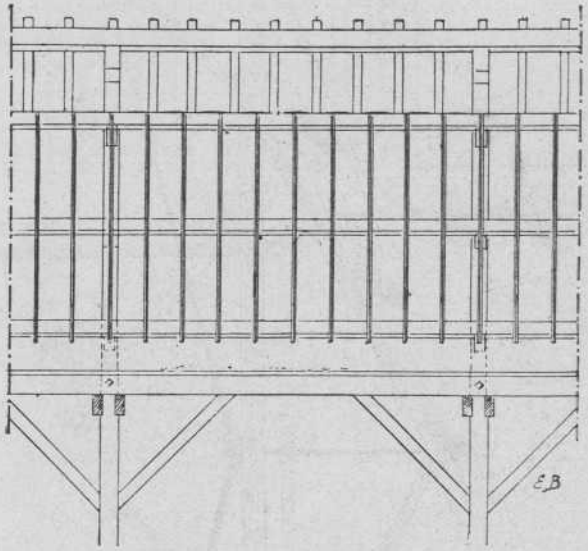


Fig. 594. — Vista lateral.

accidental, siendo en este caso cuando trabajaría de una manera efectiva.

Hemos previsto en esta cubierta una ventilación cuyo funcionamiento indicamos por flechas, y la única precaución necesaria será dar bastante saliente a la extremidad superior del tejado para impedir que la lluvia penetre en el interior.

La figura 594 representa la cubierta vista por la claraboya.

Aunque presentada en grupo de cubiertas adosadas, la figura 595 ha sido estudiada para el caso de encontrarse aislada y que fuera entonces necesario contrarrestar el empuje de los tornapuntas sobre los pies derechos. Se ha recurrido a los tirantes oblicuos, que vienen a ensamblarse en el centro, bajo el pendolón.

Indicamos también en este dibujo una ventilación en la parte superior, a la que puede darse mayor amplitud según sea el trabajo que se ejecute en el taller. Una especie de pequeña marquesina se opone a la entrada del agua de lluvia. Véanse en las figuras 880 a 886 detalles de las cubiertas shed.

Cubiertas con pies derechos intermedios. — La viga armada constituída por un cuchillo permite franquear luces bastante consi-

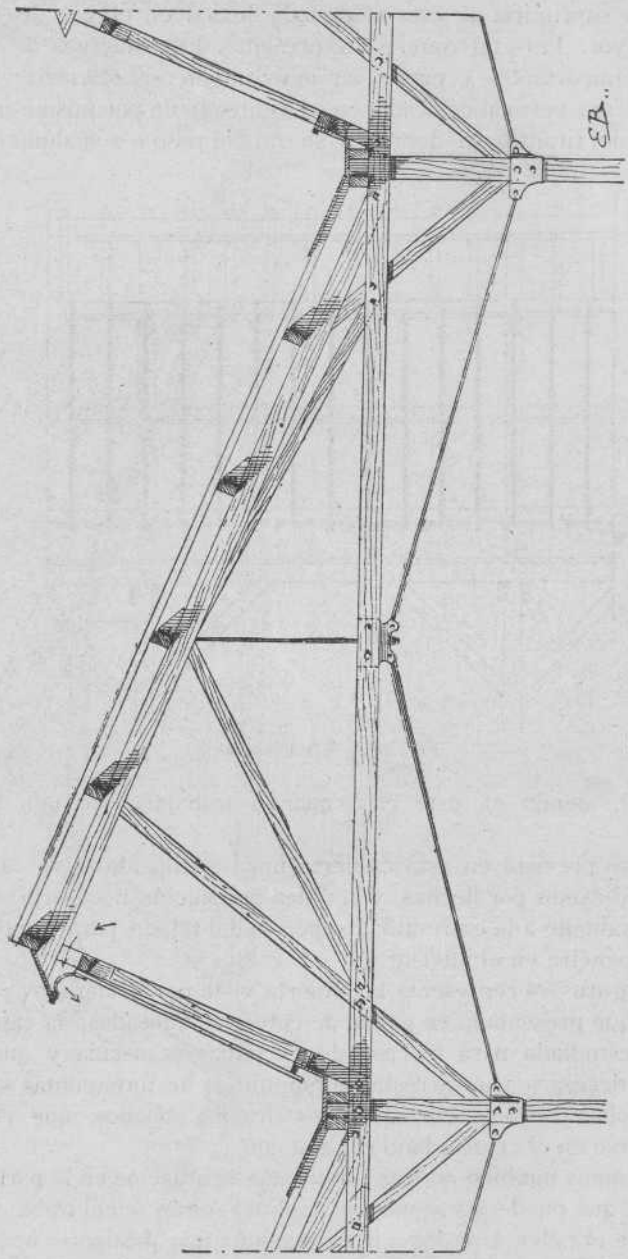
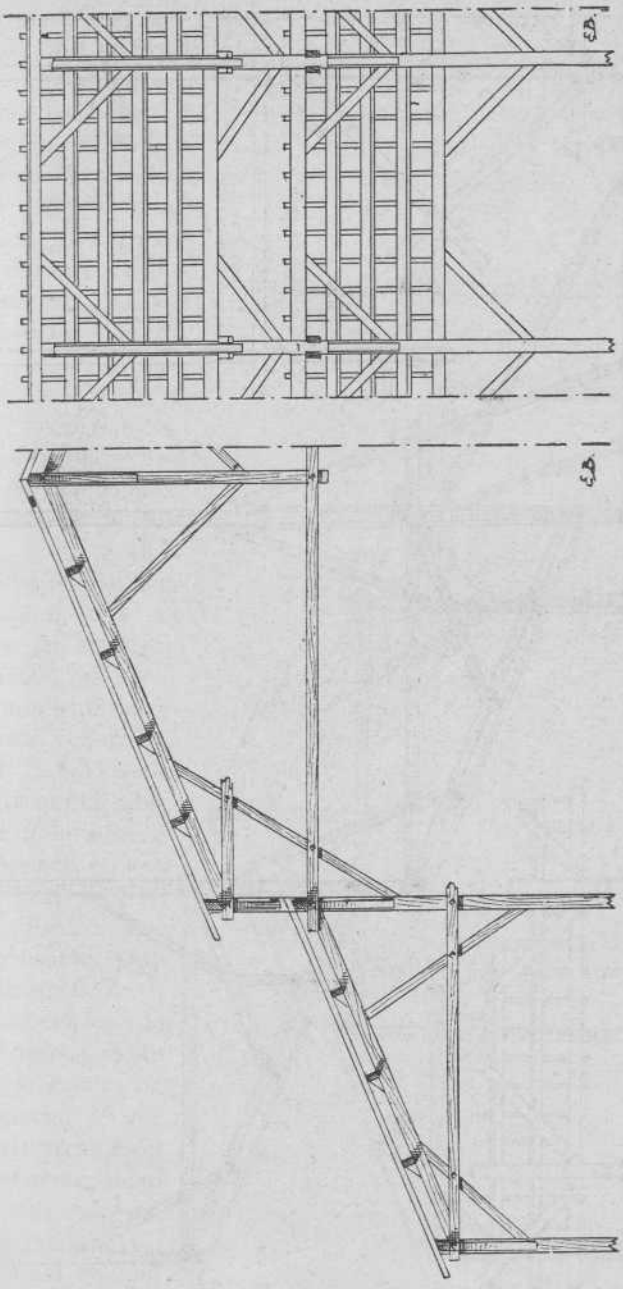


Fig. 595. — Cubierta shed

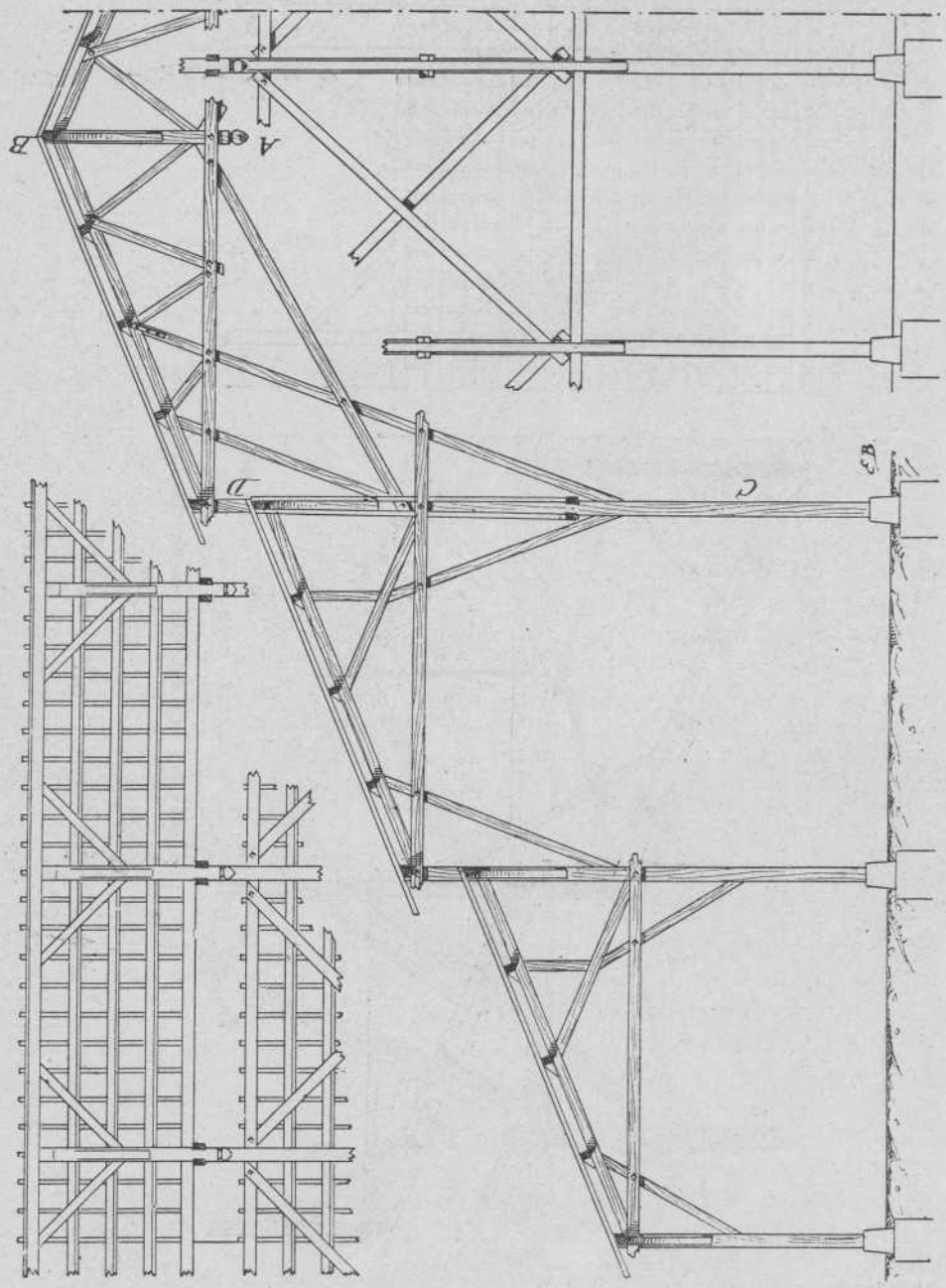
derables; no obstante, cuando el espacio que se ha de cubrir alcanza

proporciones demasiado grandes, se está obligado para asegurar



Figs. 596 y 597. – Cubierta con pies derechos intermedios.

la resistencia, a apoyar las cubiertas sobre columnas o pies derechos intermedios y a formar, por consiguiente, varias cerchas.



Figs. 598 a 600. – Cubierta con pies derechos intermedios.

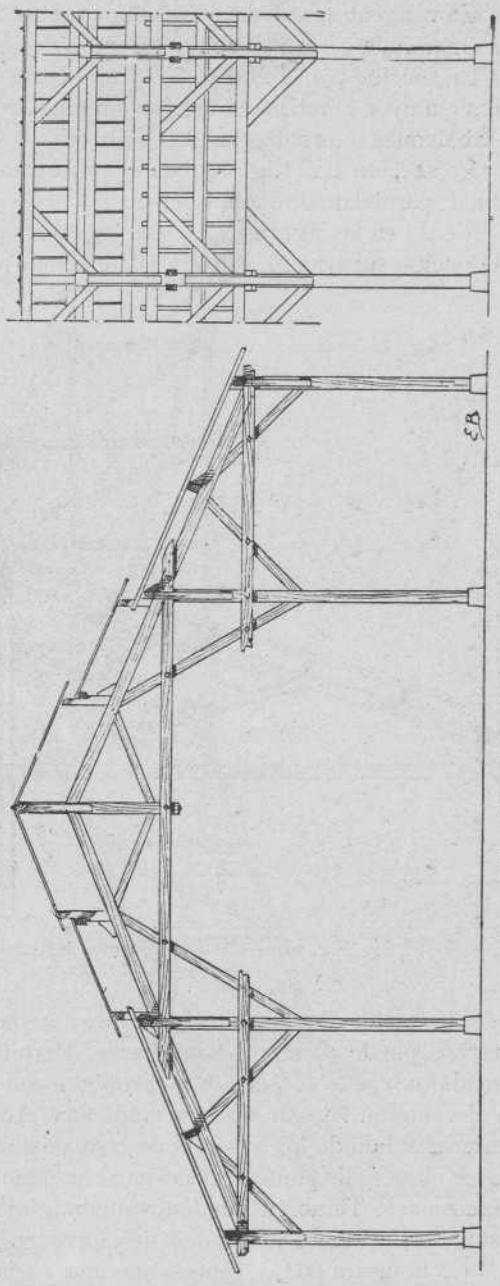
Las figuras 596 y 597 dan un ejemplo de esta disposición. Esta cubierta se compone de una gran nave a la que van adosados cobertizos, comprendiéndose que se pueden llegar a cubrir de este modo superficies considerables.

Con este sistema de cerchas, los pares sufren esfuerzos de flexión, al no estar las correas soportadas directamente por las piezas oblicuas, que vienen solamente a aliviar los pares a derecha e izquierda de los puntos de aplicación de las cargas.

Otro ejemplo del mismo orden, que se representa en las figuras 598 a 600, se compone de una gran nave y de varios cobertizos sucesivos. Esta especie de cubierta es utilizable cuando se tiene necesidad de disponer, en una parte por lo menos, de una gran altura, lo que es indispensable para ciertas industrias.

Los cobertizos, de alturas distintas, están afectos cada uno a un trabajo especial.

La iluminación puede obtenerse, bien por bastidores con cristales, bien por una vidriera vertical encima del tejado de cada cobertizo, porque con ciertos materiales de cubierta puede adoptarse



Figs. 601 y 602. — Cubierta con postes intermedios.

una pendiente mucho menor y encontrar así la altura necesaria para una vidriera vertical.

En esta cubierta los pares están exentos de todo trabajo de flexión, por tener cada correa su apoyo directo.

La sección por *A B* (fig. 599) es el corte longitudinal por el eje de la nave mayor e indica el arriostramiento de la cumbrera por medio de jabalcones o tornapuntas de cumbrera.

La sección *C D* (fig. 600) da el arriostramiento en el sentido longitudinal, paralelamente a la hilera.

Véase en las figuras 601 y 602 una pequeña cubierta de taller con iluminación superior. La figura 602 es el corte longitudinal.

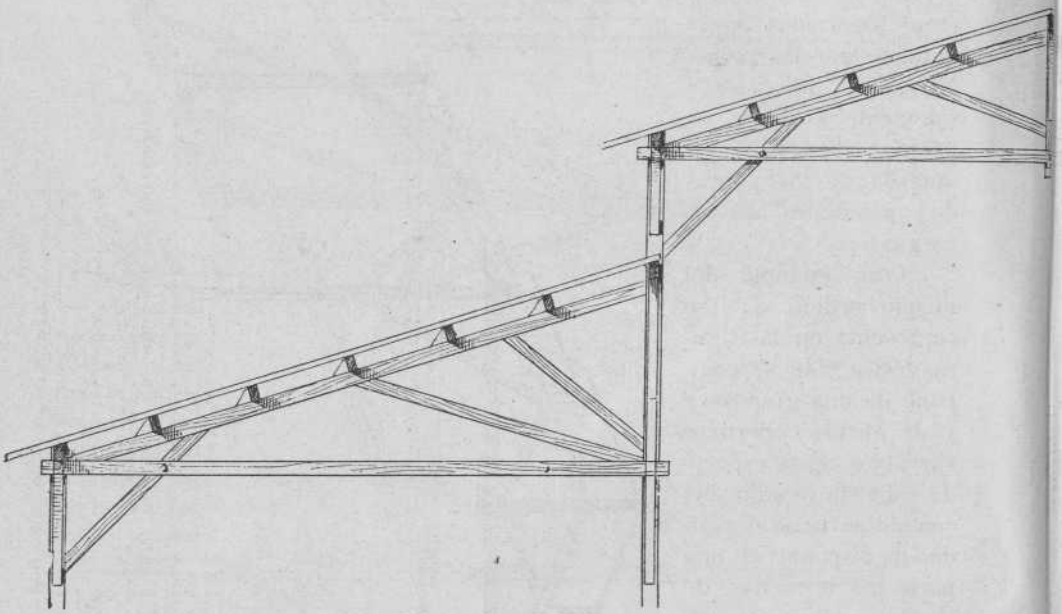


Fig. 603. — Cubierta con pies derechos intermedios.

El empleo de los pies derechos, a menos que constituyan un estorbo, puede siempre aconsejarse. Permiten reducir la luz de las armaduras y, por consiguiente, proporcionan una importante economía en el volumen total de madera empleada. Además, facilitan el establecimiento sólido de los soportes de transmisión, reparten la carga sobre mayor número de puntos y necesitan cimentaciones o apoyos de menores dimensiones. También pueden contribuir a la decoración, como hemos visto anteriormente y veremos de nuevo en los ejemplos que siguen.

En la figura 603 se representa una variante del mismo género de cubierta, en la cual nos hemos propuesto conservar a la nave central el máximo espacio libre en ancho y elevación, reservando los cobertizos

para las especialidades de la industria que exigen poca altura o solamente una altura menor que la de la nave principal.

La luz de la nave central es de 14 metros aproximadamente, y la de los cobertizos de 10,50 m. La distancia entre ejes de cuchillos es de 5 metros.

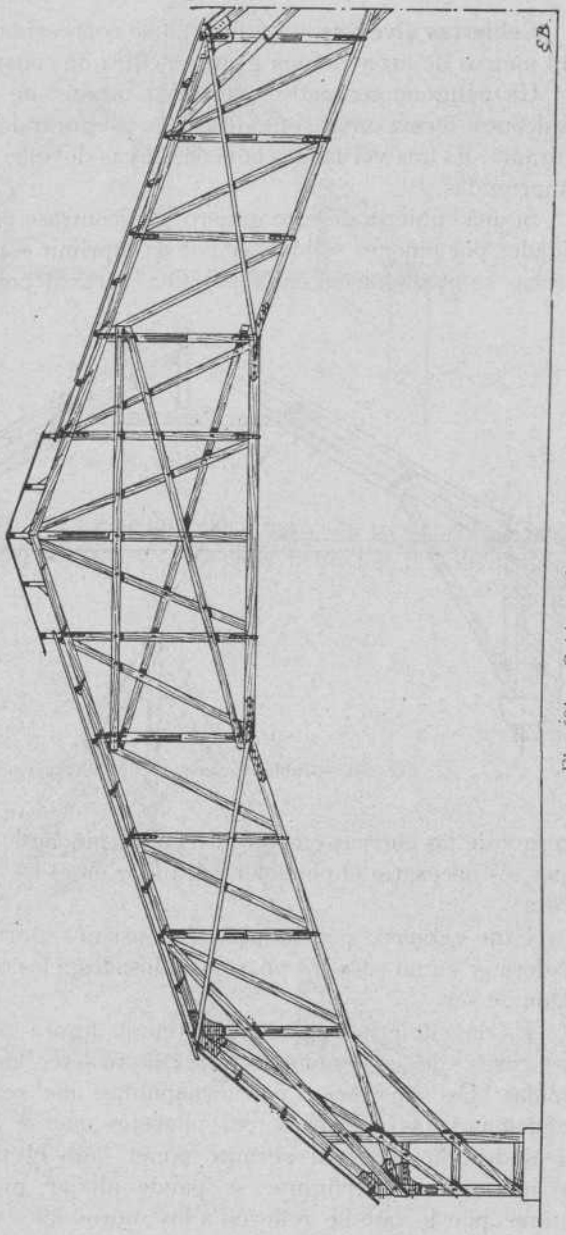


Fig. 604. — Cubierta de gran luz.

Cubiertas de gran luz.—Se pueden hacer cubiertas de talleres o almacenes sin pies derechos, con 40 metros y más de luz. El ejemplo que damos en la figura 604 es una verdadera viga armada que descansa en cada extremo sobre pilares compuestos de dos pies derechos enlazados entre sí por piezas horizontales y oblicuas que los hacen indeformables.

El arriostramiento se obtiene por tornapuntas bajo las correas y carreras; en nuestro dibujo hemos indicado cuatro arriostramientos por tornapuntas en cada vertiente.

El hierro ha sido empleado en este ejemplo en forma de placas de unión y tirantes de hierro plano formando cepos.

Cubiertas diversas.—La figura 605 representa una cubierta de 13 a 14 metros de luz y de una gran sencillez de construcción.

Un polígono compuesto del falso tirante, de dos sopandas y dos jabalcones, forma un arco de descarga, asegurándose la separación por el tirante. Es una verdadera bóveda, cuyas dovelas son las cinco piezas comprimidas.

Si una cubierta de este género se encontrase cerrada en sus extremidades por piñones sólidos, se podría suprimir el pendolón, porque las cerchas se mantendrían en la posición vertical por efecto de la cumbrera y de las correas empotradas en los piñones; pero, en defecto de éstos, es necesario el pendolón para fijar en él los tornapuntas de cumbrera.

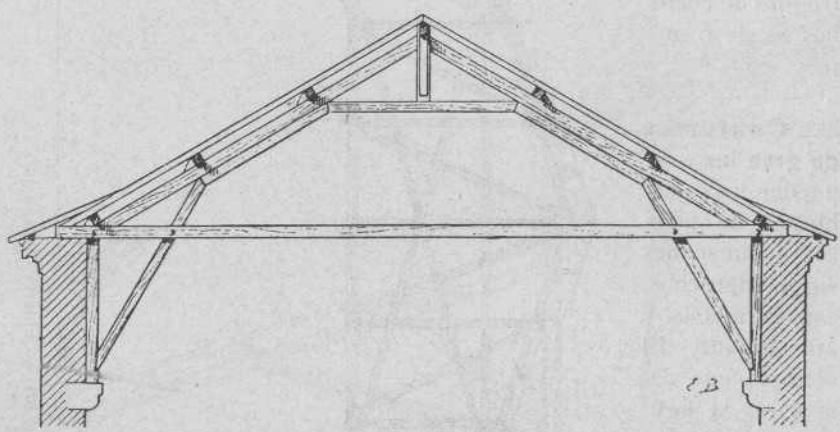


Fig. 605. — Cubierta con cuchillo de forma poligonal.

Esta cubierta podría también insistir sobre pies derechos de madera, y en tal caso los pilarejos adosados a los muros no tendrían ya razón de ser.

En la cubierta representada en la figura 606 y compuesta de dos pares, de un pendolón y de un tirante, las correas están sostenidas: las superiores, por tornapuntas que refieren las cargas al pendolón; y las inferiores, por pilaretes que se apoyan en el tirante. Si el destino del local permite poner bajo el tirante los tornapuntas indicados en la figura, se puede aliviar provechosamente este último, puesto que se refieren a los muros las cargas de las correas inferiores.

Si se quisiera utilizar esta cubierta para granero, por ejemplo, podrían suprimirse los tornapuntas colocados bajo las correas superio-

res y reemplazarlos por un falso tirante, hecho de una pieza, o bien en forma de cepo, según se desee.

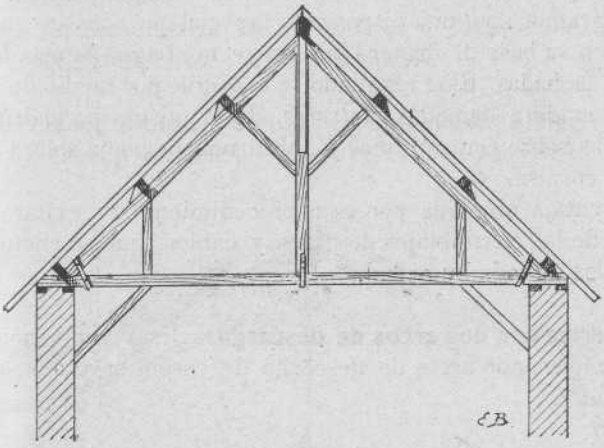


Fig. 606. — Cubierta.

La figura 607 es análoga a la anterior, pero con tres correas. Las cargas de las correas superiores se refieren al pendolón por medio de

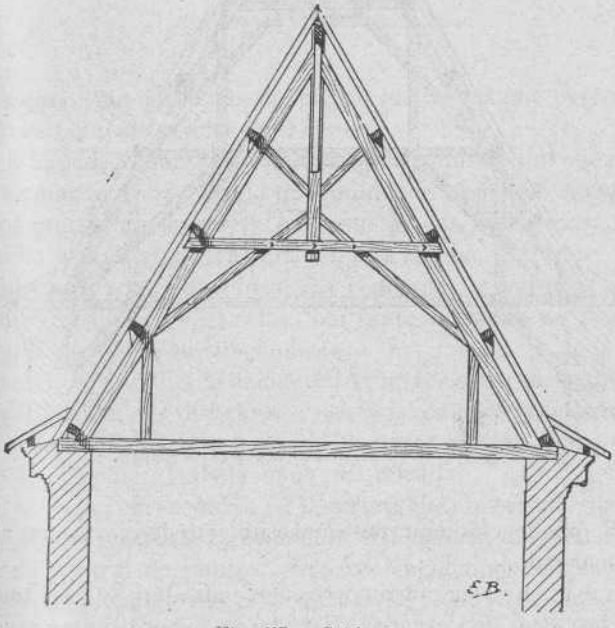


Fig. 607. — Cubierta.

tornapuntas; las correas intermedias van sostenidas por un falso tirante,

y, por último, las inferiores, por pilarejos y tornapuntas, que van a apoyarse al pendolón.

Esta especie de cubierta deja un espacio libre utilizable.

Indicaremos aquí una disposición especial que consiste en levantar el tejado en su base de manera que proyecte el agua lo más lejos posible de las fachadas. Este resultado se consigue por medio de pequeñas piezas de madera llamadas *ristreles,* de la misma escuadría que los cabios, fijas sobre estos últimos y sobre una pequeña solera que va al hilo de la cornisa.

La ventaja obtenida por este procedimiento es evitar el rápido deterioro de los ensamblajes de pares y cabios, que se encuentran así preservados de toda humedad.

Cubiertas con dos arcos de descarga. — Esta combinación de dos trapecios, formando arcos de descarga de carpintería, que se ve en la

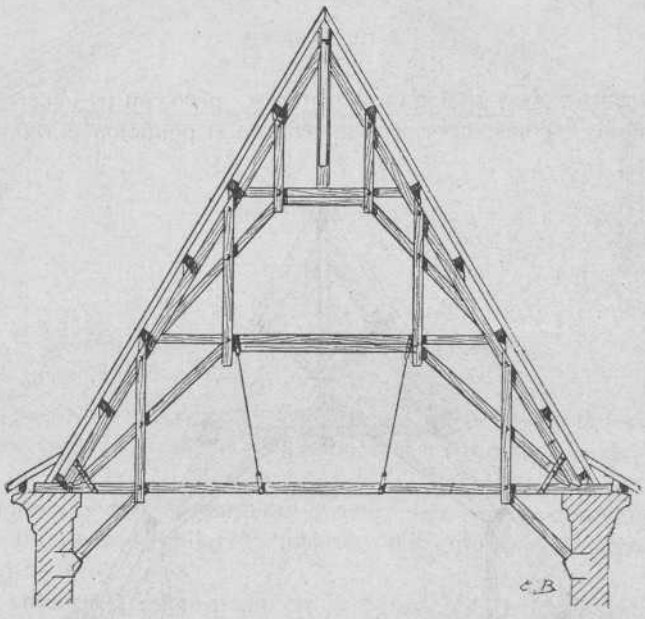


Fig. 608. — Cubierta con arcos de descarga.

figura 608, puede convenir para una cubierta de cierta magnitud con su tirante cargado.

Lleva esta cubierta cinco correas en cada alero, y casi todas insisten sobre los arcos de descarga. Está formada por tirantes y sopandas, sostenidos por jabalcones, que van a descansar su otro extremo en los pares y en el tirante.

Las dos péndolas de suspensión, de hierro, que hemos figurado oblicuas para dividir en tres tramos la luz del tirante, podrían sin inconveniente ser verticales.

Hemos terminado el tejado en la base de esta cubierta con una quiebra, en la misma forma que la anterior.

Cubiertas sin tirante.—Bajo esta denominación comprendemos las cerchas cuyo tirante no va colocado al nivel de la base de los pares, así

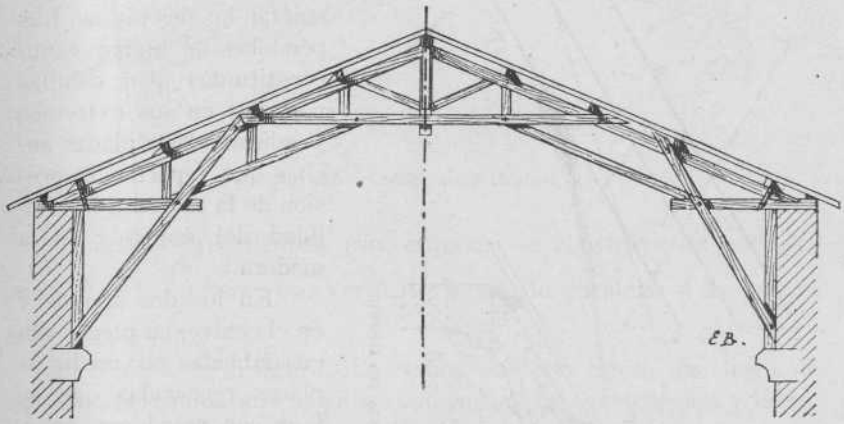


Fig. 609. – Cubierta sin tirante.

como las que están formadas de piezas inclinadas que parten de estos puntos y van elevándose hacia el centro.

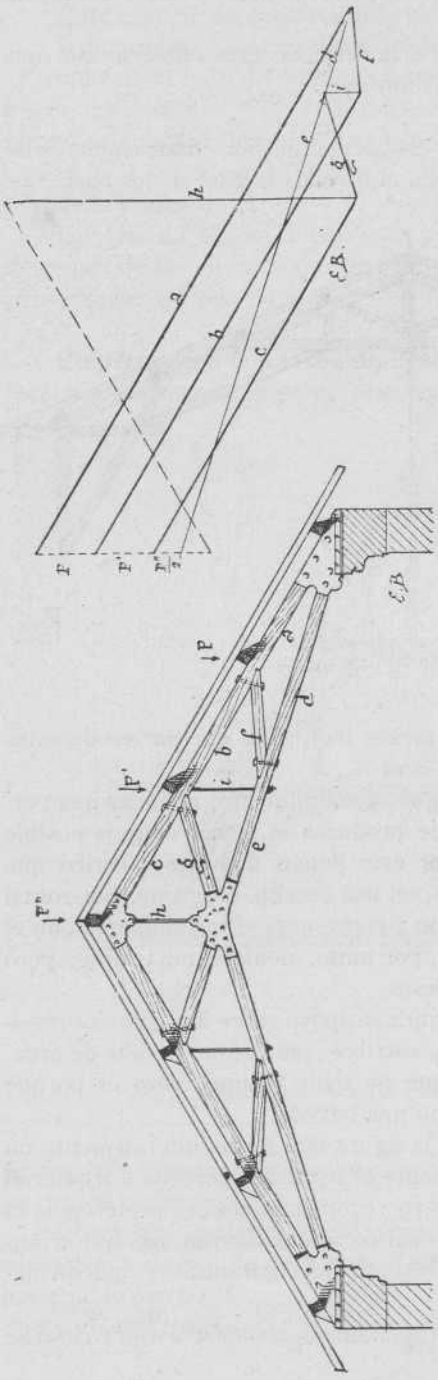
En realidad, lo que se persigue, generalmente, al idear una cercha, es formar una viga rígida que produzca el menor empuje posible contra los puntos de apoyo, y por esto hemos dicho más arriba que toda cercha es una viga. Además, en una cercha, el tirante, horizontal o inclinado, está sometido a tensión y representa el mismo papel que el cordón inferior en una viga. Hay, por tanto, siempre un tirante; pero elevado o inclinado es menos molesto.

Solamente cuando una armadura se apoya sobre dos edificios resistentes que forman, por decirlo así, estribos como en un puente de arco, puede verdaderamente decirse que no tiene tirante, pero es porque entonces la armadura trabaja como una bóveda.

La cubierta representada en la figura 609 forma interiormente un polígono. Hemos variado ligeramente el sistema a derecha e izquierda de la línea central de puntos, pero recomendamos con preferencia la disposición de la izquierda, en la cual no se encuentran más que triángulos y que, por consiguiente, presenta más garantías de indeformabilidad.

Una cubierta que afecta la forma llamada *armadura americana* se

representa en las figuras 610 y 611. Las grandes piezas que la componen son de madera, y de hierro las péndolas o tirantes verticales *i* y *h;* los tornapuntas *f, g,* van ensamblados a los pares y al tirante, a caja y espiga, con barbilla, y están fijos, además, con pernos que sujetan las dos piezas. Las péndolas de hierro están constituídas por cabillas roscadas en sus extremos y atornilladas a placas anchas que reparten la presión de la tuerca a la totalidad del espesor de la madera.



Figs. 610 y 611. — Cubierta sin tirante.

En los dos apoyos y en el centro, las piezas van ensambladas por medio de placas recortadas que se fijan con pasadores, encepando la madera; en los apoyos hay, además, grandes placas horizontales ensambladas por medio de hierros de ángulo a las placas verticales.

La figura 611, que es el esquema gráfico de esta armadura, nos proporciona ocasión de llamar la atención sobre la utilidad, siempre que esto sea posible, de aproximarse lo que se pueda a la horizontal con las piezas inferiores, que seguiremos llamando *tirantes,* y bastará, para convencerse de la economía que de ello resulta, trazar un esquema con las mismas cargas P, P', $\frac{P''}{2}$, que de

mostraría que la misma cercha, con tirante horizontal, daría esfuerzos la mitad menores, por lo menos.

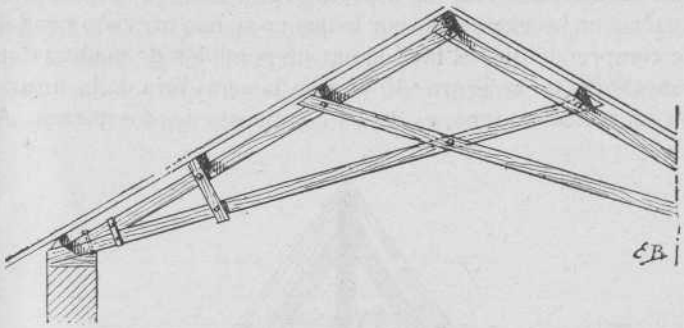


Fig. 612. — Cubierta sin tirante.

Como los precedentes, este esquema se construye llevando los pesos P, P', $\frac{P''}{2}$ sobre una vertical y trazando paralelas a los miembros de la cercha.

El ejemplo de la figura 612 es una cubierta ligera que lleva un tejado de peso mínimo. Las piezas van ensambladas con pernos y labra-

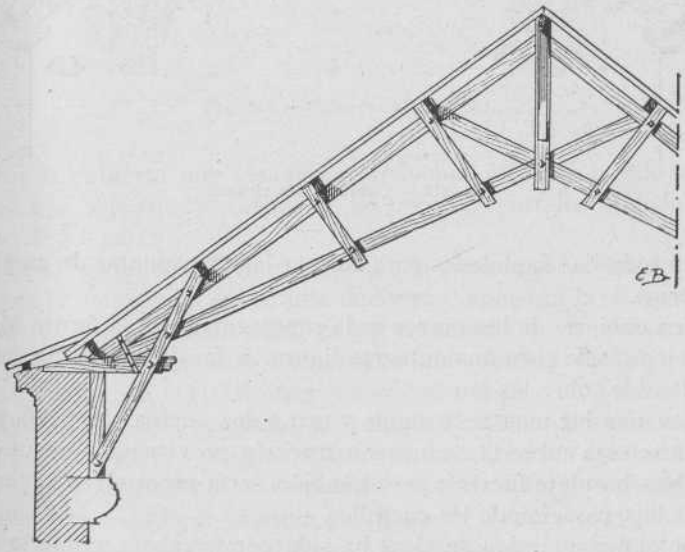


Fig. 613. — Cubierta sin tirante.

das a media madera en su encuentro. El par y el tirante se unen, bien por medio de un simple perno con arandelas que sujeta las dos made-

ras, o por un estribo que forma un collar completo por las cuatro caras de las dos piezas reunidas.

Para las dos cubiertas (figs. 610 a 612), hemos supuesto piñones de mampostería en los extremos, por lo que no se han previsto pendolones. Pero se comprende que es fácil alojar un pendolón de madera entre las placas metálicas de la figura 610 y, para la armadura de la figura 612, emplear un pendolón-cepo, es decir, compuesto de dos piezas. Así se

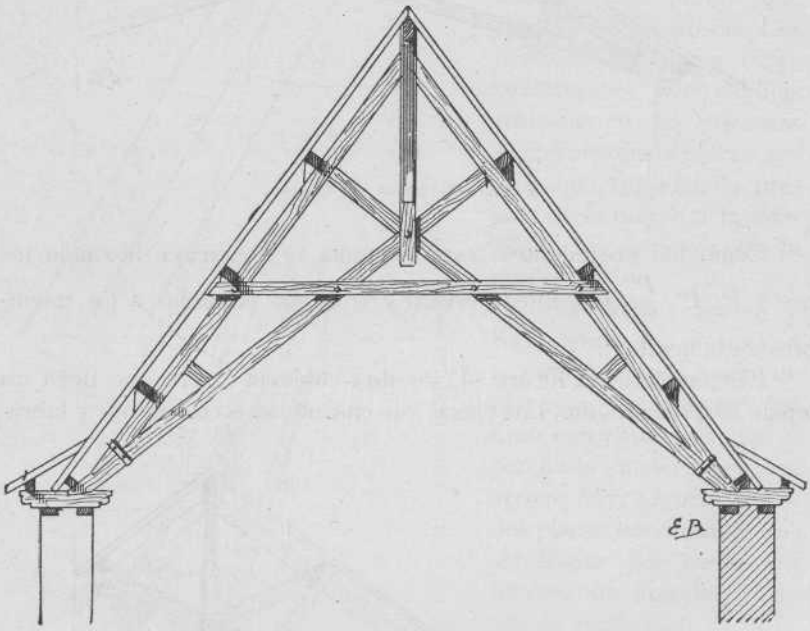


Fig. 614. — Cubierta sin tirante.

tendrán todas las facilidades para colocar los tornapuntas de cumbrera necesarios.

Una cubierta de luz mayor es la representada en la figura 613. Es conveniente sólo para una cubierta ligera, a fin de evitar un empuje considerable sobre los muros.

Con una luz más restringida y una o dos correas lo más, podría emplearse esta cubierta en una construcción provisional, ejecutándola con tablas bastante fuertes; pero también sería preciso reducir todo lo posible la separación de los cuchillos.

En el mismo orden de ideas ha sido combinada la cubierta de la figura 614, pero con una triangulación más robusta.

Teóricamente, un triángulo es indeformable, y si se pudiesen emplear materiales bastante resistentes para que no se produjera ninguna deformación en las piezas que forman los lados de los distintos

triángulos, se obtendría un conjunto absolutamente rígido y que no transmitiría esfuerzos a los puntos de apoyo. Desgraciadamente, y sobre todo con la madera, hay que contar con estas posibles deformaciones debidas a las flexiones que se producen en las piezas, ya en un plano horizontal, ya en el vertical.

Debe, pues, procurarse siempre aproximarse al triángulo en la forma total de la armadura, es decir, al tirante recto en la base de ésta.

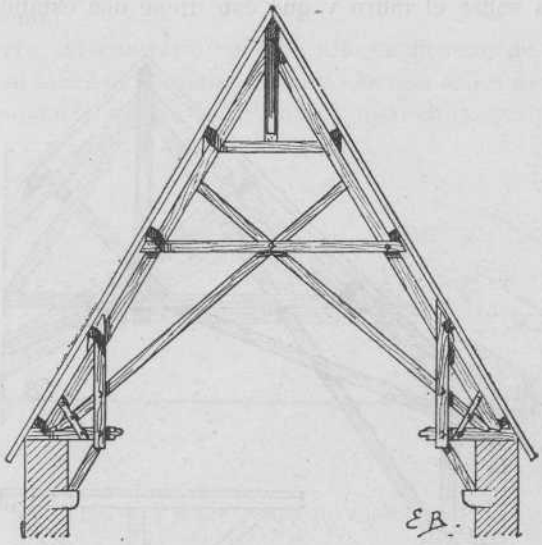


Fig. 615. — Cubierta sin tirante.

En la cubierta que estamos examinando se ha colocado un falso tirante que soporta las cargas de las correas centrales, impidiendo la flexión de los pares.

Hemos dicho anteriormente que en la misma proporción en que se aumenta la inclinación del tirante quebrado, aumenta la magnitud de los esfuerzos que se desarrollan en los miembros, pero conviene también decir que cuanto más inclinada es una cubierta, es decir, cuanto más se acerca a la vertical, menos tendencia tienen los pares a separarse y menores son, por tanto, los esfuerzos que en ellos se producen.

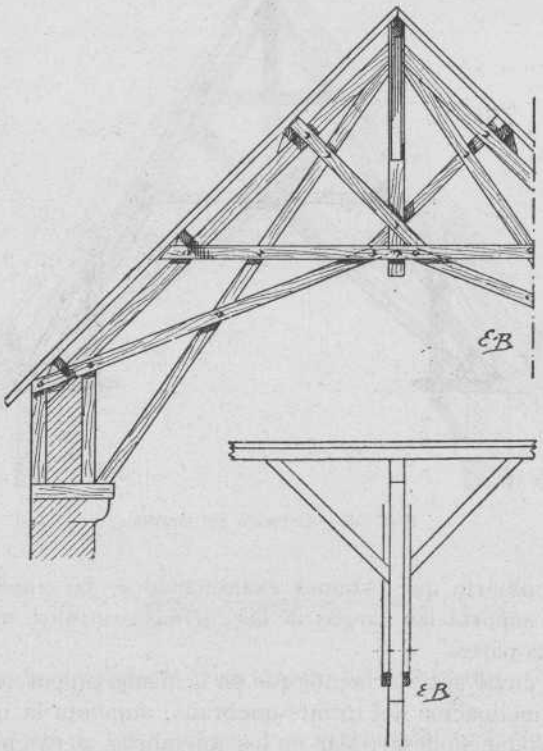
Por el contrario y desgraciadamente, las cubiertas agudas o peraltadas presentan al viento una extensión más considerable, y además la superficie de tejado que hay que cubrir puede doblarse o triplicarse.

La cubierta de la figura 615, que nos sugiere estas reflexiones, es de un grado medio de inclinación, pues las hay mucho más peraltadas. Procede del mismo sistema de triangulación que las que acabamos de estudiar, pero lleva dos falsos tirantes. El apoyo de los pares se hace sobre zapatas salientes sostenidas por tornapuntas que insisten a su

vez sobre canecillos de piedra, y las correas inferiores van sostenidas por pilarejos en cepo.

Como ejemplo de lo que más arriba decimos, esto es, que cuanto más se aproxima a la vertical una cubierta, menor es el empuje horizontal sobre los muros, damos las figuras 616 y 617, en las cuales existen en realidad dos pares en cada faldón o alero: uno exterior, con una inclinación de 45°, y otro interior con mayor pendiente.

Resulta de esta combinación que los apoyos se verifican a dos alturas distintas sobre el muro y que éste tiene una estabilidad mayor,



Figs. 616 y 617. — Cubierta sin tirante.

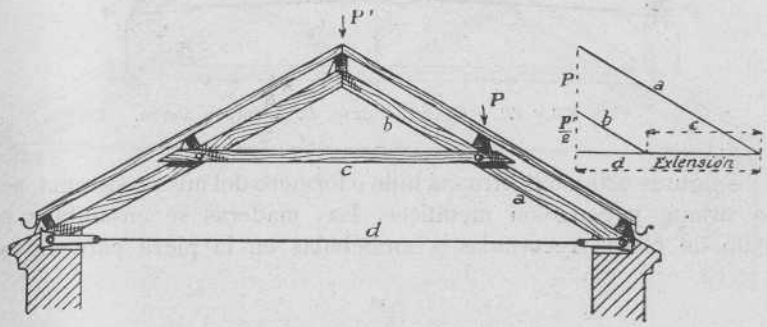
puesto que el peso del trozo de muro por encima del apoyo inferior se encuentra aumentado en el peso de la techumbre que le transmite el par exterior.

La figura 617 muestra los tornapuntas de cumbrera y los medios tornapuntas que soportan las correas superiores, y que, según se ve en el alzado (fig. 616), están colocados paralelamente a los pares a cada lado del pendolón.

Todas las correas están soportadas por el falso tirante y los tornapuntas, evitando así a los pares todo trabajo de flexión.

Cubiertas de madera y hierro.—Ya hemos dicho lo que opinamos del empleo simultáneo del hierro y de la madera, haciendo trabajar ésta a la compresión y el hierro a la tracción. Una de las dificultades más graves que se presentan en la carpintería exclusivamente de madera reside en los procedimientos de ensamblaje de las piezas tensadas: se recurre a medios muy ingeniosos a veces, pero que, dada la naturaleza de la madera, y también la calidad de la que actualmente se emplea, que deja bastante que desear, no parecen ofrecer una seguridad suficiente.

El hierro, al contrario, por su alto coeficiente de resistencia a la tensión, su facultad de tomar todas las formas útiles para abrazar la madera y sujetarla, en estribos, bridas y escuadras, permite ser utili-



Figs. 618 y 619.—Cuchillo de madera y hierro.

zado en piezas extendidas de muy pequeño diámetro y puede así prestar excelentes servicios.

Añadamos a esto que su resistencia mucho mayor bajo un volumen considerablemente menor, su tenacidad uniforme, al contrario de la madera, en que varía según la clase, la procedencia y las enfermedades del árbol, le otorgan ventajas notables que los carpinteros han tenido en cuenta, llegando a tratar la madera y el hierro como dos materiales que se completan prácticamente, con la única condición de dar a cada uno el destino más favorable según sus cualidades o defectos.

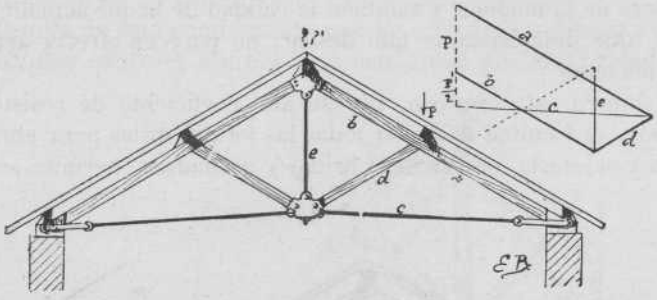
Nuestro primer ejemplo de este tipo mixto es la cubierta de las figuras 618 y 619: una pequeña cubierta conveniente para una luz de 9 metros, con una correa en cada faldón.

Se compone de dos pares, de un falso tirante sobre el que descarga el peso de las correas y de un tirante propiamente dicho *d*, que es de hierro y que mantiene la separación de los muros.

El esquema gráfico (fig. 619) es muy sencillo: llevar a la escala adoptada las cargas P y $\frac{P'}{2}$ sobre una vertical y trazar paralelas a los miembros, como en los esquemas precedentes. Indicamos siempre las

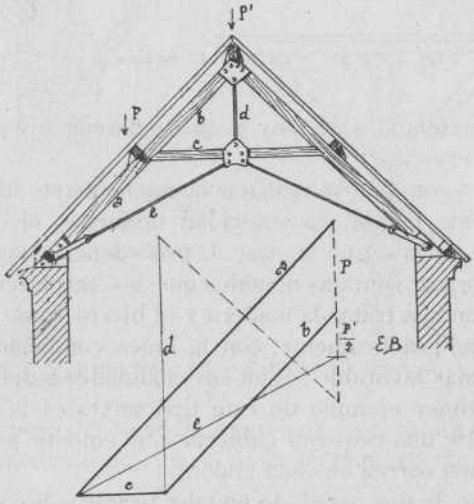
piezas comprimidas por trazos gruesos y las extendidas por trazos finos; no hay más que medir los esfuerzos a la misma escala y dar a las piezas las secciones convenientes.

Hemos dado en la figura 558 un cuchillo de madera compuesto de dos pares, un tirante, un pendolón y dos tornapuntas, y daremos ahora



Figs. 620 y 621. — Cuchillo mixto, de madera y hierro.

en las figuras 620 y 621 otro cuchillo o formero del mismo sistema, pero con tirante y pendolón metálicos. Las maderas se ensamblan por medio de placas recortadas y embebidas en la pieza para enrasar

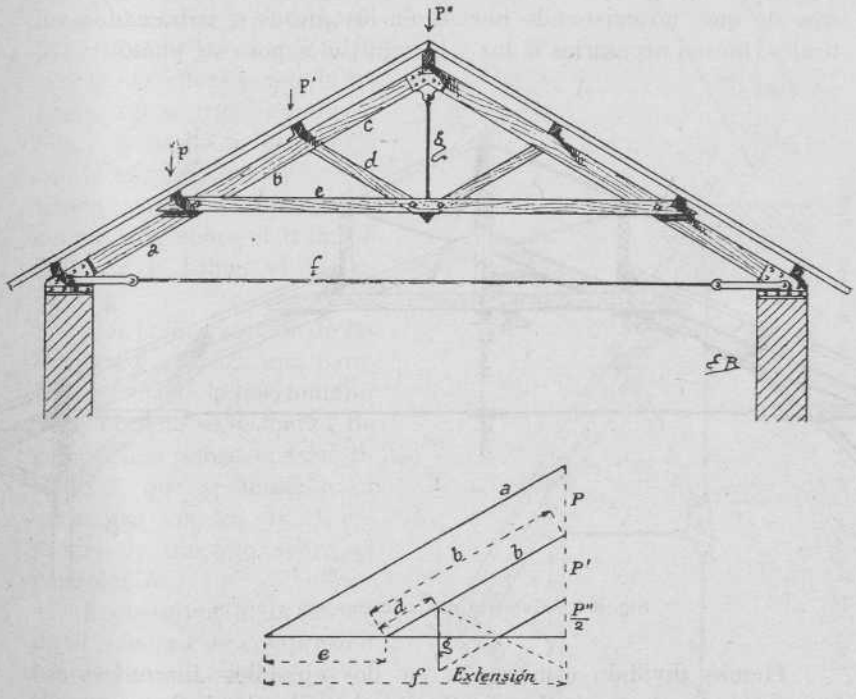


Figs. 622 y 623. — Cubierta mixta, de madera y hierro.

exteriormente. Estas placas de hierro plano sirven al mismo tiempo para unir el pendolón al tirante por medio de pernos; los pares van cogidos en sus extremos por un estribo que se une al tirante por un fuerte perno.

El esquema gráfico representado en la figura 621 se construye, como los precedentes, llevando las cargas P y $\frac{P'}{2}$ sobre una vertical y trazando paralelas a los miembros.

Una cubierta con tirante oblicuo es la representada en las figuras 622 y 623. Difiere de la anterior en que el tirante es quebrado y los tornapuntas han sido sustituídos por un falso tirante. Los pares apoyan en unos regatones formados por dos chapas ensambladas por hierros de



Figs. 624 y 625. — Cubierta mixta, de madera y hierro.

ángulo sobre una plancha de apoyo. Los otros ensamblajes, del pendolón, del tirante y de los pares, están hechos por medio de chapas recortadas.

El esquema gráfico (fig. 623) se traza como el de la figura 621. Haremos observar solamente el aumento de los esfuerzos que resulta de la forma quebrada del tirante; una sencilla comparación basta para comprobar las ventajas del tirante recto.

En las figuras 624 y 625 se representa una cubierta de un sistema análogo al que hemos dado en la figura 618, pero con dos correas; lleva además dos tornapuntas para sostener las correas superiores, estando las inferiores soportadas por el falso tirante *e;* el tirante *f* es de hierro

y recibe el empuje de los pares. Las ensambladuras se hacen, en el vértice y en los apoyos, por medio de placas y regatones de chapa y angulares.

Para trazar el esquema gráfico se procede como en los casos anteriores.

En la figura 626 ofrecemos una cubierta sobre pies derechos, en la cual las correas superiores están sostenidas por el falso tirante y las inferiores por tornapuntas que transmiten el empuje a los pies derechos.

La claraboya que corona esta cubierta se ha previsto para el caso de que, no existiendo huecos en los muros o entramados verticales, fuesen necesarias la luz y la ventilación por este punto.

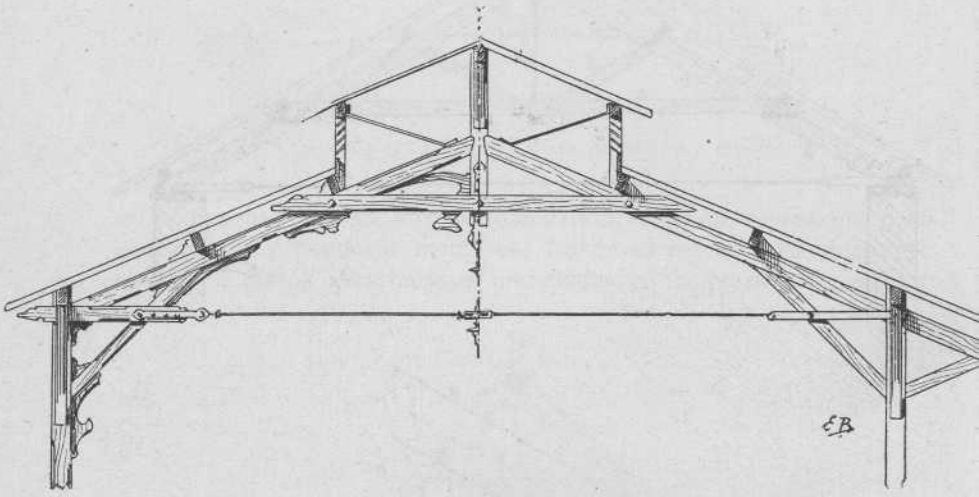


Fig. 626. — Cubierta mixta, de madera y hierro.

Hemos dividido esta figura en dos ejemplos diferentes: a la izquierda, un ensayo de decoración con el auxilio de chaflanes y maderas caladas; a la derecha, la cercha en toda su sencillez, pero con el tejado en saliente hasta donde lo permiten los cabios. El empuje contra el pie derecho, originado por el tornapunta que soporta este saliente o vuelo del tejado, equilibra sensiblemente al originado por el tornapunta que sostiene la primera correa.

El tipo de cuchillo representado en las figuras 627 y 628 es de dos pendolones y tirantes de hierro; los pares, los tornapuntas y el falso tirante son de madera.

Todas las correas se encuentran bien sostenidas, y los pares no sufren más que esfuerzos de compresión.

Fácilmente conoceremos la importancia de los esfuerzos trazando el esquema de la figura 628. Llevamos P, P', $\frac{P''}{2}$ sobre una vertical

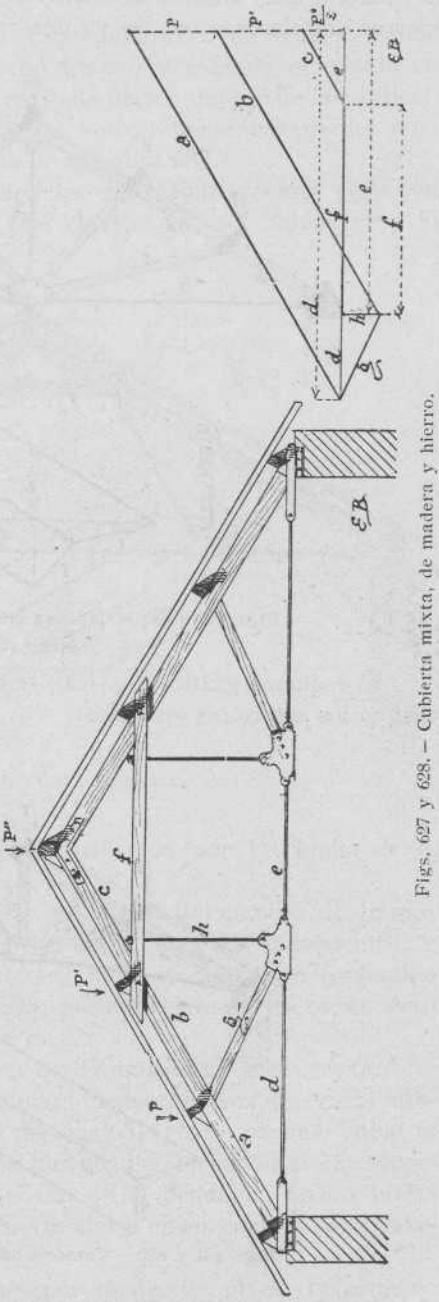
y trazamos paralelas a los tres tramos del par *a, b, c;* después, del pie de esta vertical, se traza una horizontal paralela a *d e*, hasta su encuentro con la línea *a*, fijando así el trabajo de compresión del tramo *a* del par, y la tensión sobre la parte *d* del tirante. Esta tensión está representada por la longitud total de la línea hasta la vertical de las cargas.

De la intersección de las líneas *a d* se traza una paralela a *g* hasta su encuentro con la paralela a *b*, y se obtienen así los esfuerzos de compresión sobre el tramo *b* del par y sobre el tornapunta *g*.

Por la intersección de las líneas *g b* se traza una paralela a *h* hasta la horizontal *d* y se obtiene el esfuerzo de compresión sobre el falso tirante *f*, que se limita a su encuentro con *c*, y el esfuerzo de tracción sobre el pendolón *h*.

La longitud de la línea *c* da el esfuerzo de compresión sobre el tramo *c* del par, y la línea *e*, desde su encuentro con *c* hasta la vertical, da el esfuerzo de tracción que se produce sobre la parte *e* del tirante.

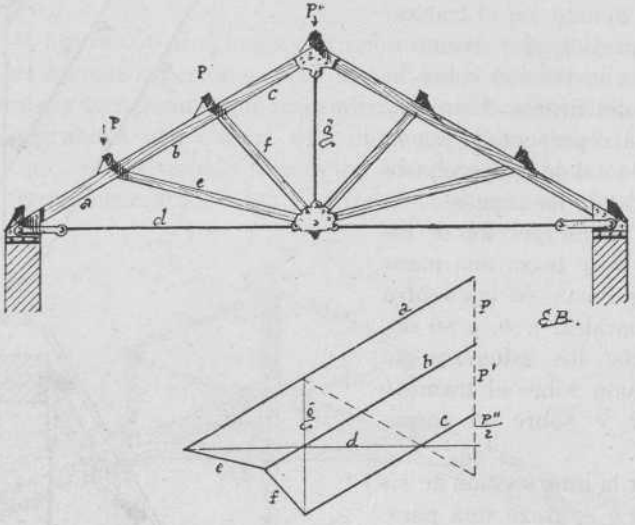
Todos estos esfuerzos se miden a la escala empleada para transportar sobre la vertical las cargas P, P' y $\frac{P''}{2}$.



Figs. 627 y 628. – Cubierta mixta, de madera y hierro.

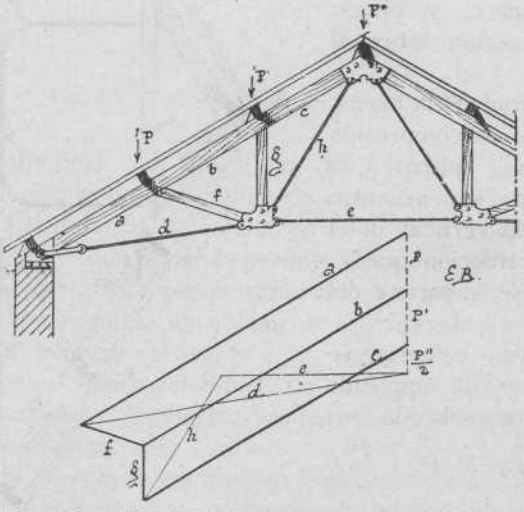
Un tipo de cercha de tornapuntas radiales se ha representado en las figuras 629 y 630. El pendolón y el tirante son de hierro y el resto de madera;

los ensamblajes están hechos de placas recortadas y embebidas en la madera; por último, las conteras de apoyo se hacen de chapa y hierros angulares como las ya descritas.



Figs. 629 y 630. – Cubierta mixta, de madera y hierro.

El esquema gráfico (fig. 630) se traza siguiendo la misma marcha que en los anteriores ejemplos.



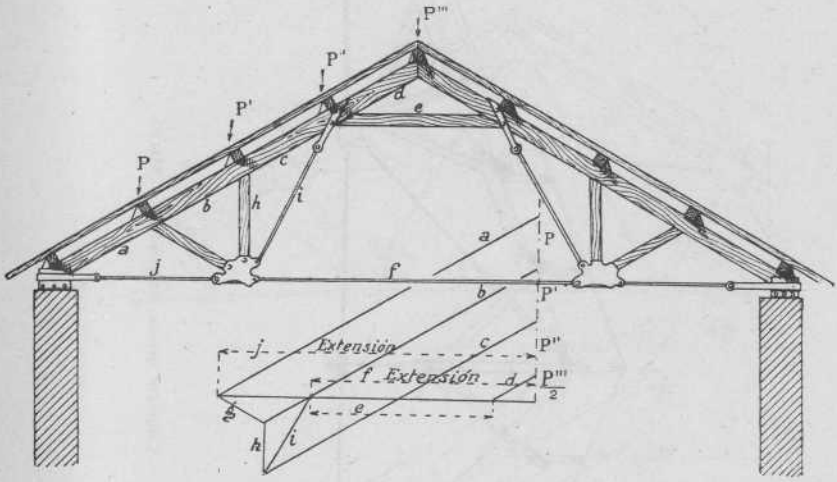
Figs. 631 y 632. – Cubierta mixta, de madera y hierro.

Las figuras 631 y 632 muestran una cercha que está compuesta de dos vigas subtendidas, colocadas según la inclinación del tejado, apo-

yando una contra otra en el vértice y reunidas por el tirante *e*. Como en las armaduras anteriores, la madera ha sido reservada para el trabajo de compresión.

No haremos la descripción del esquema gráfico (fig. 632), llamando solamente la atención sobre el hecho de que, no estando el tirante en línea recta, las dos paralelas a *e* y *d*, que parten del pie de la vertical, sobre la cual se han inscrito las cargas, son dos líneas divergentes y no se confunden, como en el esquema de la figura 628.

Véase aún (figs. 633 y 634) otro tipo del mismo género, pero con un falso tirante, porque tenemos tres correas en cada faldón. Por lo



Figs. 633 y 634. — Cubierta mixta.

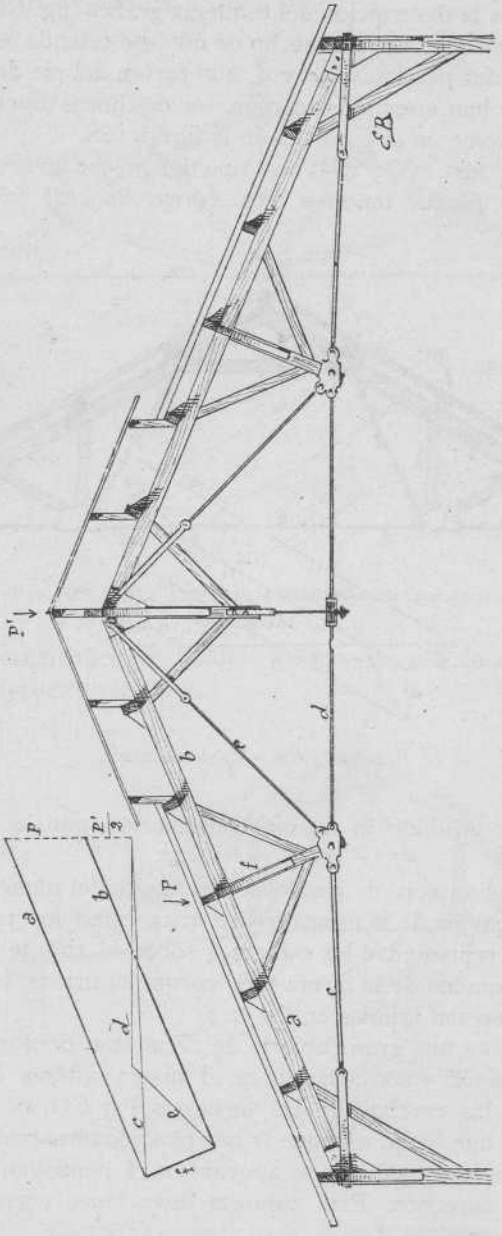
demás, es en absoluto la misma construcción que la cercha de la figura 631.

Aparte del número de paralelas, resultante del número de tramos del par, el esquema de la figura 634 se traza como los precedentes, y las líneas que representan los esfuerzos sobre el tirante se confunden como en el esquema de la figura 628, porque el tirante es recto, pero los esfuerzos no son iguales en *f* y en *j*.

Véase ahora una gran cubierta de 27 metros de luz aproximadamente (figuras 635 y 636). Basada en el mismo sistema de vigas subtendidas que las cerchas de las figuras 631 y 633, es una cubierta Polonceau de una biela, a la que se han añadido tornapuntas que soportan las correas intermedias y se apoyan en el pendolón, en las bielas y en los pies derechos. Esta cubierta lleva cinco correas soportadas todas por tornapuntas.

Los ensamblajes están hechos por medio de placas recortadas, como en las cubiertas precedentes.

El esquema gráfico (fig. 636) está muy simplificado: se han tenido en cuenta para el peso P solamente las cargas que se encuentran en



Figs. 635 y 636. – Cubierta mixta, de madera y hierro.

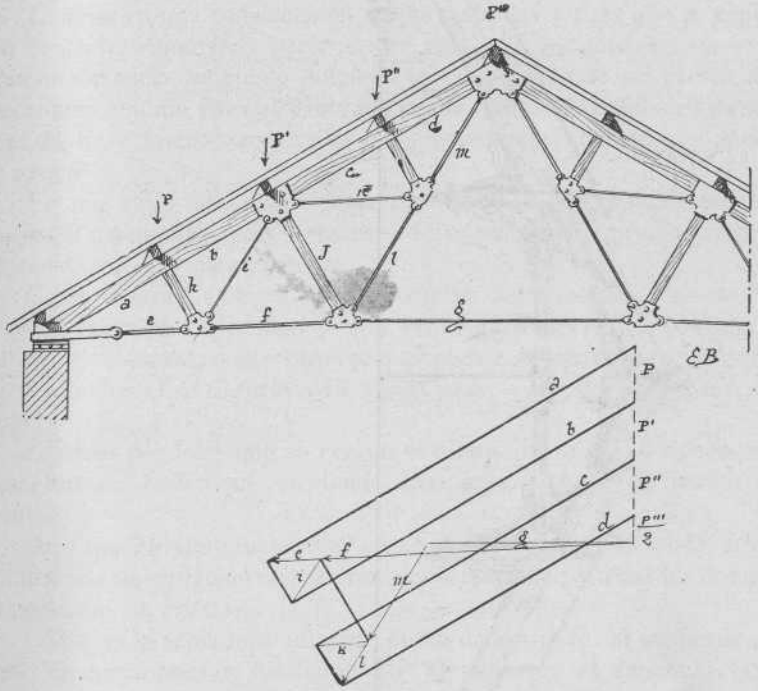
la mitad de la longitud del faldón, y para el peso $\frac{P'}{2}$ la carga sobre la

cuarta parte del mismo faldón, dejando para calcular aparte la sección necesaria para los tornapuntas.

No hay, pues, sino llevar sobre la vertical las cargas P y $\frac{P'}{2}$ y trazar paralelas a los miembros para obtener la medida de los esfuerzos.

Hemos indicado en este ejemplo una claraboya de cristales que ocupa un tercio aproximadamente de la luz total de la cubierta.

En las figuras 637 y 638 se representa una cercha Polonceau de tres bielas. Cuando se emplea este sistema de armadura, se ponen ordi-

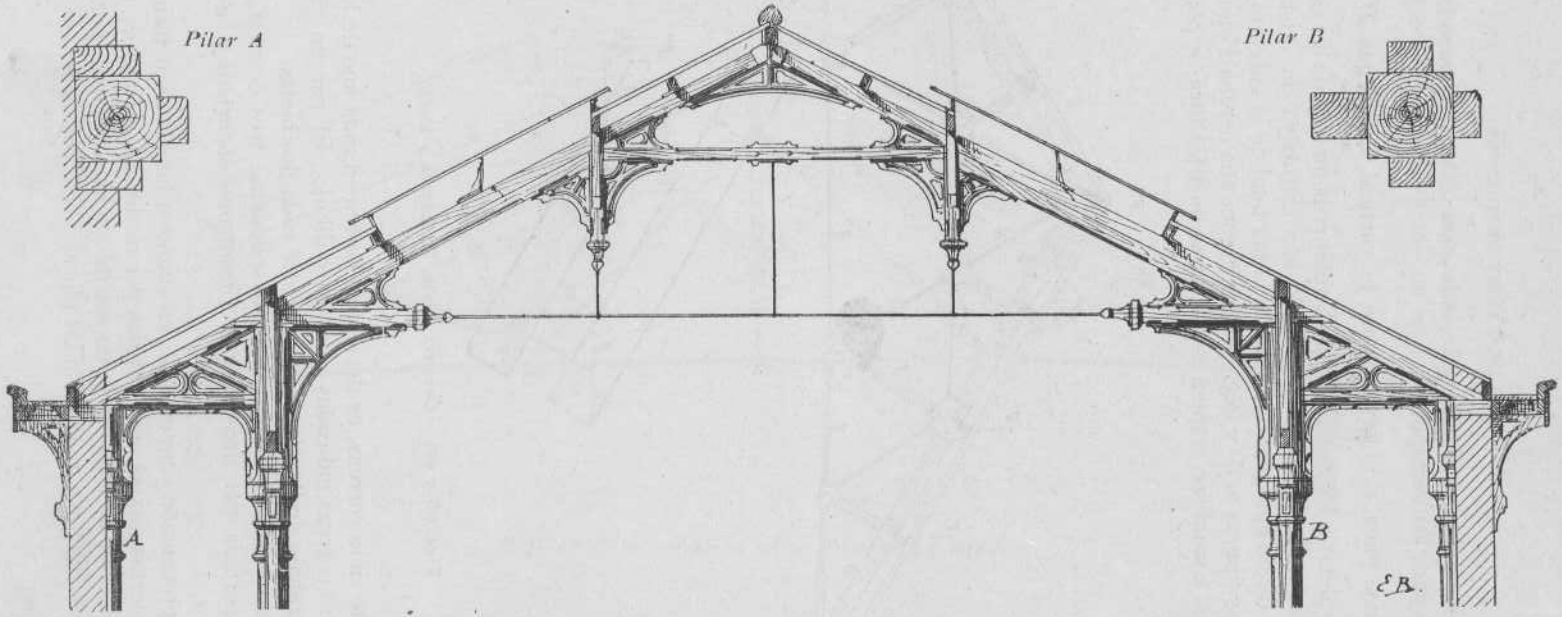


Figs. 637 y 638. — Cubierta mixta, de madera y hierro.

nariamente siete correas, es decir, una correa en cada uno de los intervalos de las correas indicadas en nuestro dibujo. El par en este caso sufre un trabajo de flexión en la luz entre cada dos bielas.

En nuestro ejemplo hemos puesto solamente tres correas, y cada una va soportada por una *biela* o tornapunta, soportada a su vez por los tirantes.

Una precaución conveniente, en cuanto a las bielas o tornapuntas de las cubiertas mixtas ensambladas por medio de placas, es dotar al extremo inferior de la pieza de un estribo de hierro sujeto por pernos o pasadores. De otro modo, con las placas solas, podría temerse que la



Figs. 639 a 641. — Cubierta de madera, hierro y fundición.

madera, al secarse, se contrajera, aflojándose los pernos y produciéndose un relajamiento peligroso en todo el sistema.

El esquema gráfico (fig. 638) no presenta ninguna particularidad y se construye como los precedentes. No hay más que seguir la marcha indicada en nuestra figura, la cual variará solamente según la mayor o menor importancia de las cargas.

Cubiertas de madera, fundición y hierro.—Tomamos los dos ejemplos siguientes de la obra de J. Ferrand, *Le charpentier-serrurier au XIX^ème siècle*.

Cuando en una construcción importante las piezas que se repiten son bastante numerosas para que el gasto de los modelos no tenga gran importancia, se puede emplear la fundición, que se presta fácil y económicamente para el decorado y que, por sus cualidades de rigidez, da muy buenos resultados en ensamblajes, ménsulas y puntos de apoyo.

La armadura que damos en las figuras 639 a 641 es una estructura destinada a acusarse aparentemente, decorada por sus propios elementos con sencillez y elegancia.

Como sistema, se trata de una cercha de veinte metros de luz, apoyada sobre pies derechos y con prolongaciones por ambos aleros, que van a descansar sobre otros pies derechos embutidos en los muros longitudinales. Las figuras 640 y 641 dan la sección de estos pies derechos.

Las tres péndolas que se ven en el dibujo (fig. 639) no tienen ninguna función resistente, sirviendo sólo para impedir la flexión del tirante.

Otro modelo del mismo tipo se ve en las figuras 642 a 645. Lleva una linterna de aireación que podría servir también para dar luz dotando las persianas de cristales.

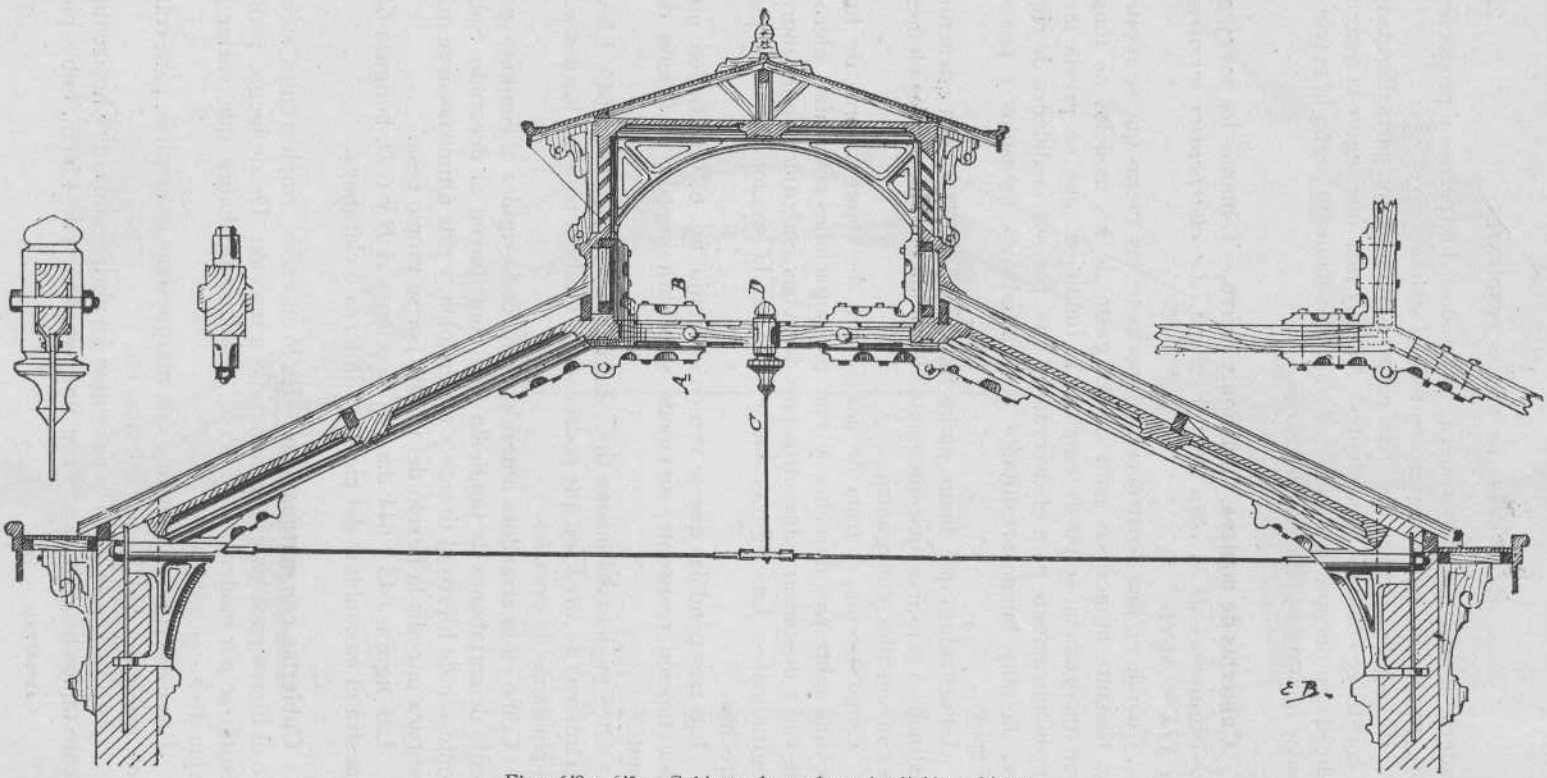
Como en la armadura anterior, se ha dado rigidez al conjunto por medio de cartabones de fundición que contribuyen al decorado. Solamente son de hierro el tirante y el pendolón, y este último no sirve más que para impedir la flexión del tirante por su propio peso.

Las figuras 643 y 644 dan las secciones *A B* y *C D;* la figura 645 muestra el ensamblaje del pie de la linterna o claraboya.

Cubiertas con marquesinas.—En lo sucesivo, emplearemos siempre el hierro para las piezas sometidas a tracción. Desde luego, podrá sustituirse por madera, si se desea, y solamente habrá que variar la forma de los ensamblajes.

Las cubiertas prolongadas con marquesinas se emplean para refugios, tinglados, almacenes abiertos, etc.

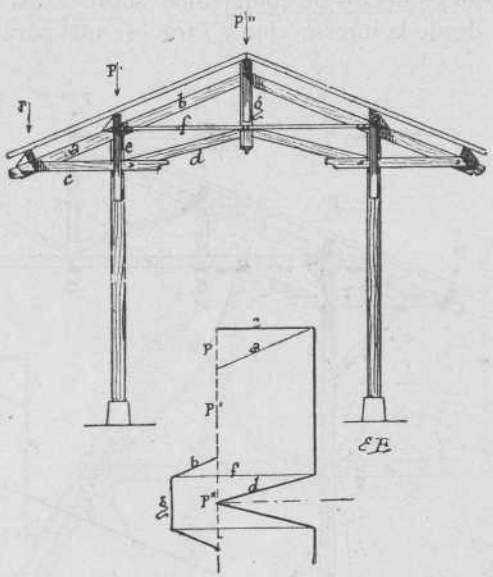
Las figuras 646 y 647 representan un abrigo que cubre horizontalmente un ancho de 8,50 m., con una separación de 4,50 m. entre pies



Figs. 642 a 645. — Cubierta de madera, fundición y hierro.

derechos, es decir, que a cada lado la marquesina tiene 2 m. de saliente.

Las armaduras con marquesina son en realidad vigas continuas. La que estamos examinando está formada: por dos pares, soportados por los pies derechos y cuyo tramo *b* trabaja a compresión, mientras el *a* trabaja a tensión; de un tirante *f* que mantiene la separación de los pies derechos y está tensado; de un pendolón *g* comprimido; de tornapuntas *d* que contrarrestan sobre el pie derecho el empuje de la pieza *c*, comprimida, y de éstas, que refieren al pie derecho la resultante de la carga *P*.



Figs. 646 y 647. — Cubierta con marquesinas.

Con las partes en ménsula que proceden de las marquesinas, el esquema gráfico ya no se traza como en los ejemplos anteriormente examinados: las cargas *P*, *P'*, *P''*, se llevan siempre sobre la vertical, pero las paralelas a los miembros se llevan a derecha e izquierda, como indica la figura 647.

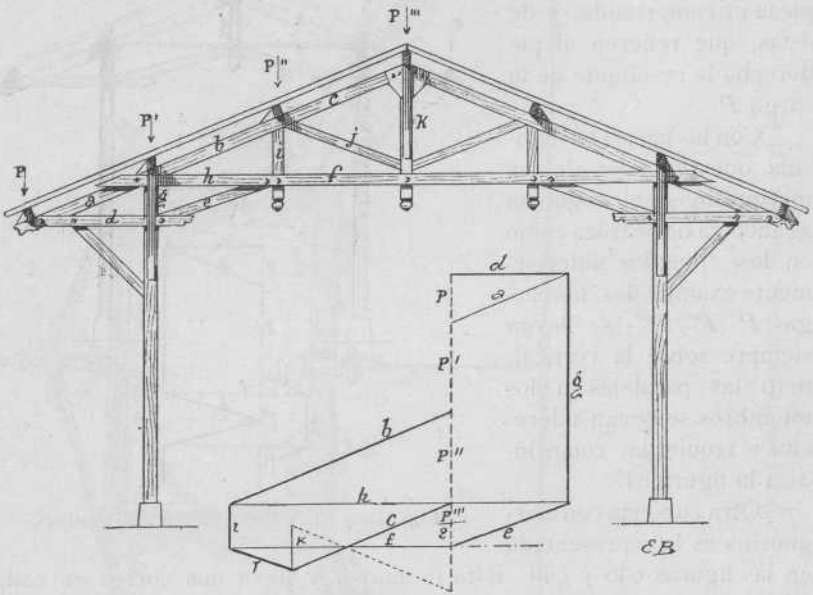
Otra cubierta con marquesina es la representada en las figuras 648 y 649. Esta es mayor y lleva una correa en cada faldón y, naturalmente, tornapuntas para soportarlas. El resto es de un sistema idéntico al precedente.

Tracemos el diagrama de la figura 649:

Se llevan como siempre las cargas *P*, *P'*, *P''*, $\frac{P'''}{2}$ sobre una vertical y, por su extremo superior, se traza una paralela a *d;* del extremo inferior de la carga *P* se traza una paralela al tramo *a* del par hasta su encuentro con la línea *d*. Se obtiene así el esfuerzo de tensión sobre *a* y el de compresión sobre *d*.

Por el extremo inferior de $\frac{P'''}{2}$ tracemos una paralela a *e* y por la intersección de *a* y *d* una paralela a *g*, es decir, al pie derecho: las dos longitudes *e* y *g* quedarán determinadas y harán conocer el esfuerzo de compresión sobre estas piezas. Desde la extremidad inferior de la carga *P'* tracemos una paralela a *b*, y después, desde la intersección de *e* y *g*, una paralela a *h* hasta su encuentro con *b*, y ten-

dremos así la compresión ejercida sobre *b* y la tensión que se produce sobre *h*. Por el extremo inferior de la carga $\frac{P'''}{2}$ tracemos una paralela a *f* hasta su encuentro con una paralela a *i* que parte de la intersección *b h*, y tendremos la compresión sobre *i* y la tensión sobre *f*. Desde la intersección *f i* tracemos una paralela a *j*, y luego, del extremo inferior de *P''* una paralela a *c* hasta su encuentro con *j*, y conoceremos los esfuerzos de compresión sobre estos miembros, *c* y *j*. Por último, desde la intersección *c j* trácese una paralela a *k* y continúese hasta su



Figs. 648 y 649. — Cubierta con marquesinas.

encuentro con una paralela al tornapunta simétrico del *j*, y se tendrá la tensión sobre el pendolón *k*.

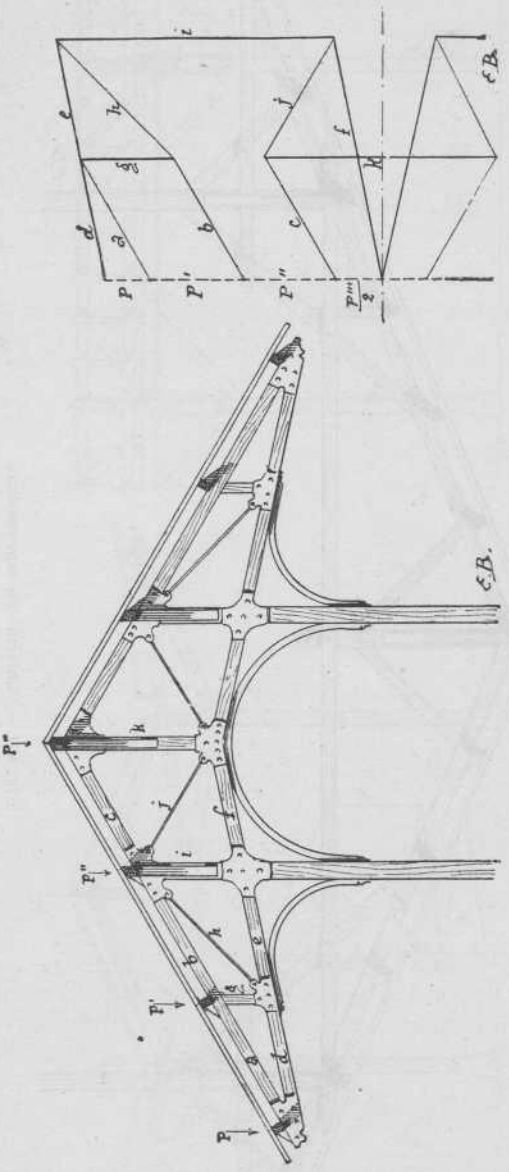
Las figuras 650 y 651 nos ofrecen una cubierta con pies derechos muy próximos y salientes relativamente considerables. Como veremos al examinar su calculo gráfico, el sistema adoptado aquí, que no emplea tornapuntas, cambia un poco el género de los esfuerzos.

Si se admite que las cargas tienen solamente una dirección vertical, los miembros oblicuos *d, e, f* y los verticales *g, i, k* están comprimidos. Todos los demás, *a, b, c, h, j,* sufren una tracción.

Esto supone un perfecto equilibrio que no puede existir, porque bajo la acción del viento, por ejemplo, se producirán ciertos esfuerzos cuya dirección no es posible prever, pues se sabe que el viento es caprichoso y puede soplar tanto de un lado como de otro. Por este

motivo se atribuye a las cargas accidentales, viento, nieve, etc., un peso vertical que se hace intervenir en los cálculos, pero que no puede evaluarse exactamente.

Aunque la triangulación asegura suficientemente la rigidez del conjunto, se han añadido bajo los miembros inferiores arcos de hierro ⊏, que ornamentan la silueta general; el arriostramiento en el sentido longitudinal se ha obtenido por jabalcones que van sobre los pendolones y pies derechos.



Figs. 650 y 651. – Cubierta con marquesinas.

En este sistema de cercha el esquema gráfico se traza por entero a un mismo lado de la vertical de las cargas (fig. 651). Se llevan las cargas $P, P', P'', \frac{P'''}{2}$ sobre esta línea vertical, y desde lo alto de la misma se traza una paralela a *d* y a *e;* del extremo inferior de *P* se traza una paralela a *a* hasta su encuentro con la línea *d,* y se conocerán entonces, midiendo estas longitudes, los esfuerzos de compresión sobre *d* y los de tracción sobre *a*. En seguida, desde el extremo inferior de *P'* se traza una paralela a *b* y por la intersección *d a* una paralela a *g,* lo que fija la importancia de la tracción sobre *a* y de la compresión sobre *g*. Por lo bajo de la línea *g* se traza *h* hasta su encuentro con

la línea *e*, y se puede medir la compresión de *e* y la tracción de *h*. Del extremo inferior de $\frac{P'''}{2}$, es decir, del centro, se traza una paralela a *f* y de la intersección de *e h* una paralela a *i*, lo que da los esfuerzos de compresión en *f* y en *i*. Del pie de *P''* se traza una paralela a *c* y de la intersección de *i f* una paralela a *j*, conociéndose así el esfuerzo de tracción que se produce sobre los miembros *c* y *j*. Por último, desde la intersección de estas dos líneas, *c j*, se traza una paralela a *k*, que se prolonga hasta su encuentro con la línea que representa el tirante simétrico de *j* sobre el otro faldón de la cubierta, y con esto se puede medir el esfuerzo de compresión que se desarrolla sobre el pendolón *k*.

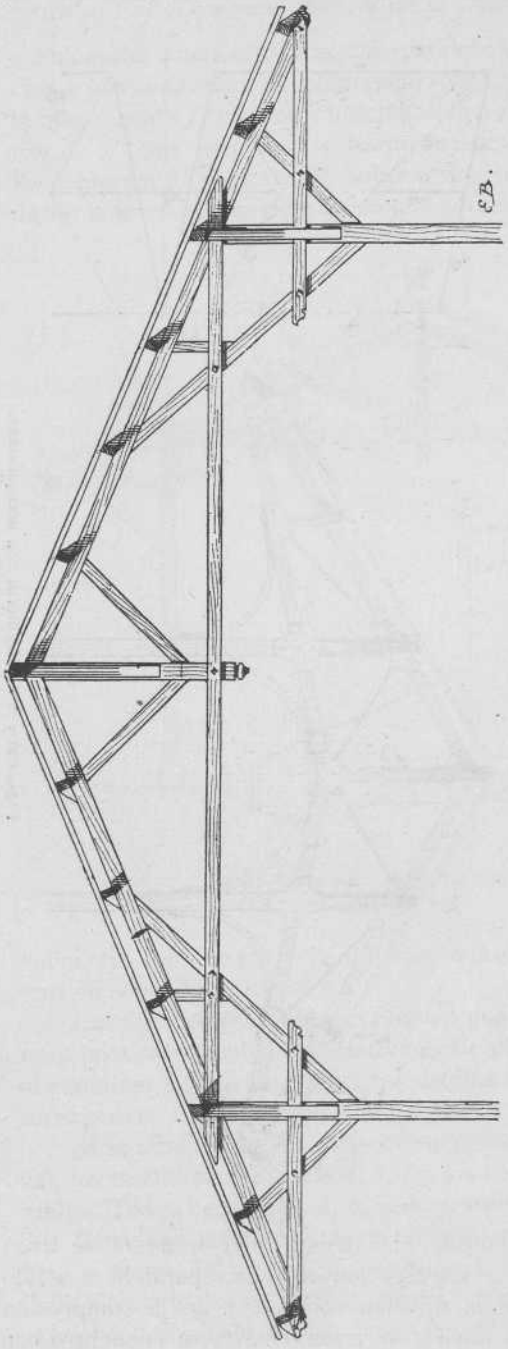


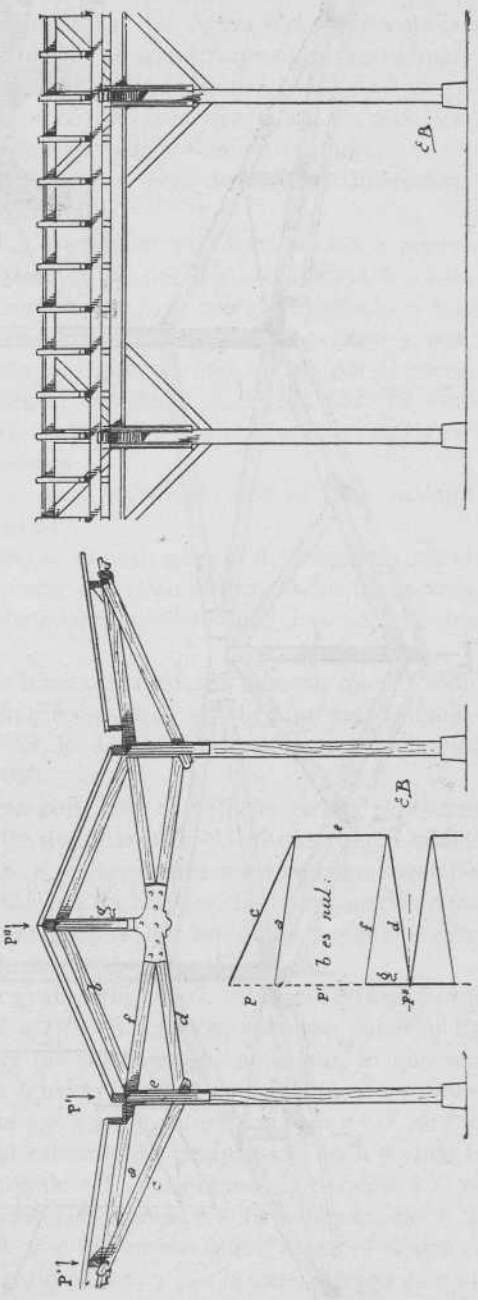
Fig. 652. — Cubierta con marquesinas.

La figura 652 es otra cubierta con marquesinas o voladizos, en la cual todas las correas van sostenidas por piezas que refieren las cargas a los pies derechos. Puede convenir para una luz de

16 a 18 metros entre ejes de los pies derechos; la distancia entre cuchillos, que puede variar según la escuadría de las correas, es aproximadamente de 4,50 m.

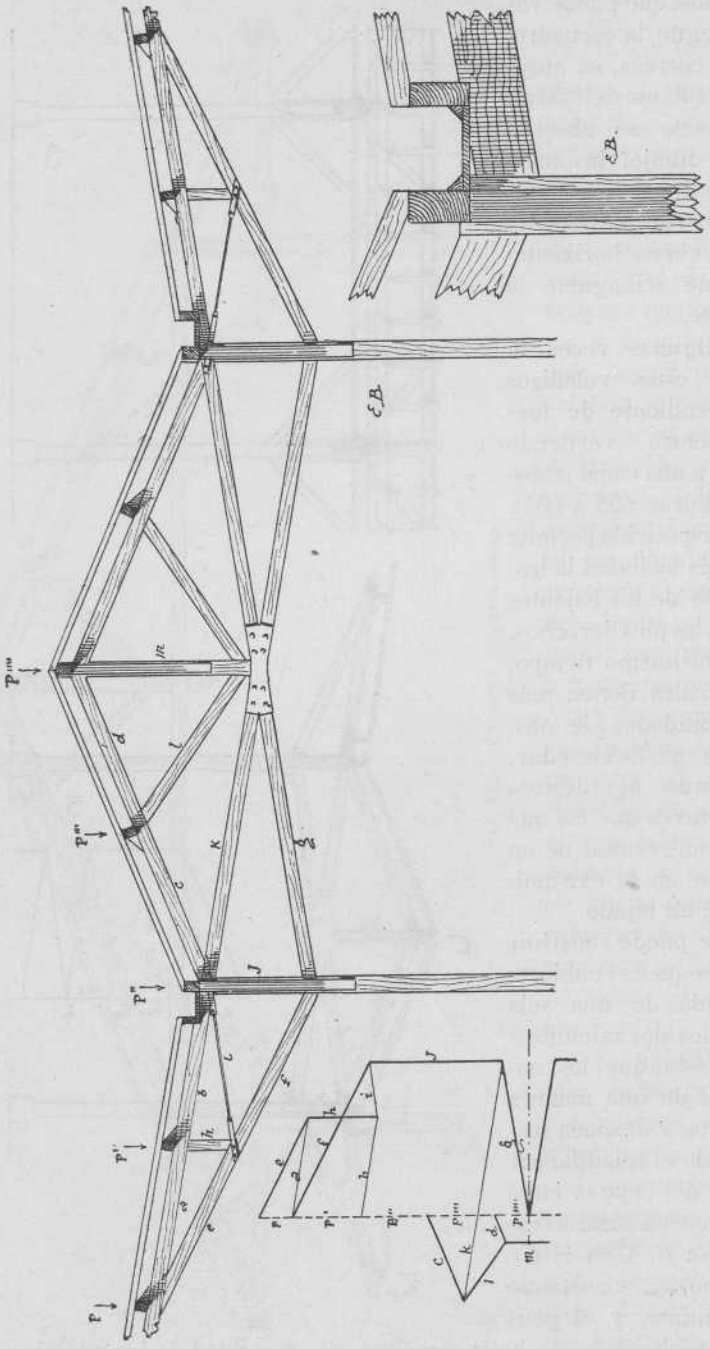
Como se observa en el dibujo, las marquesinas están sostenidas por un tornapunta y por cepos horizontales que triangulan la saliente.

Algunas veces se hacen estos voladizos con pendiente de fuera adentro, vertiendo aguas a una canal maestra (figuras 653 a 655). Esta disposición permite con más facilidad la instalación de los bajantes contra los pies derechos. Pero al mismo tiempo, las canales tienen más probabilidades de obstruirse y desbordar, causando accidentes más graves que los que pudieran resultar de un canalón en la extremidad de un tejado.



Figs. 653 a 655. — Marquesinas levantadas.

Se puede construir esta pequeña cubierta haciendo de una sola pieza los dos miembros *a* y *f*, lo que los ensambla de una manera perfecta, y después sosteniendo el tejadillo por medio del cepo *c*, cuyo empuje está contrarrestado por *d*. Con el pie derecho *e*, soportando el conjunto, y el pendolón *g*, el sistema se halla completo, sin necesidad de los miembros *b*,



Figs. 656 a 658. — Cubierta con marquesinas.

cuyo trabajo es nulo cuando los esfuerzos son solamente verticales.

El enlace de los miembros en el centro está realizado por placas recortadas que sujetan las maderas. La figura 654 representa la vista lateral de esta cubierta y muestra el arriostramiento longitudinal. Los pies derechos reposan sobre dados de piedra.

El esquema gráfico (fig. 655) se construye como los anteriores, y no hay más que seguir las indicaciones de nuestro dibujo.

Una cubierta del mismo sistema, pero de mayores dimensiones, se representa en las figuras 656 a 658.

Todas las correas están sostenidas por tornapuntas o pilarejos y éstos por tirantes. Aquí también se pueden construir *a, b* y *k* de una sola pieza, aunque los miembros *a* y *k* estén trabajando a tensión.

En esta cubierta, la canal está formada por la carrera y por otra correa, estando determinada la distancia entre ambas por el ancho que se desee dar a la canal, según detalle de la figura 657. El fondo lo constituyen tablas colocadas transversalmente y unidas por tacos a las correas que forman los costados.

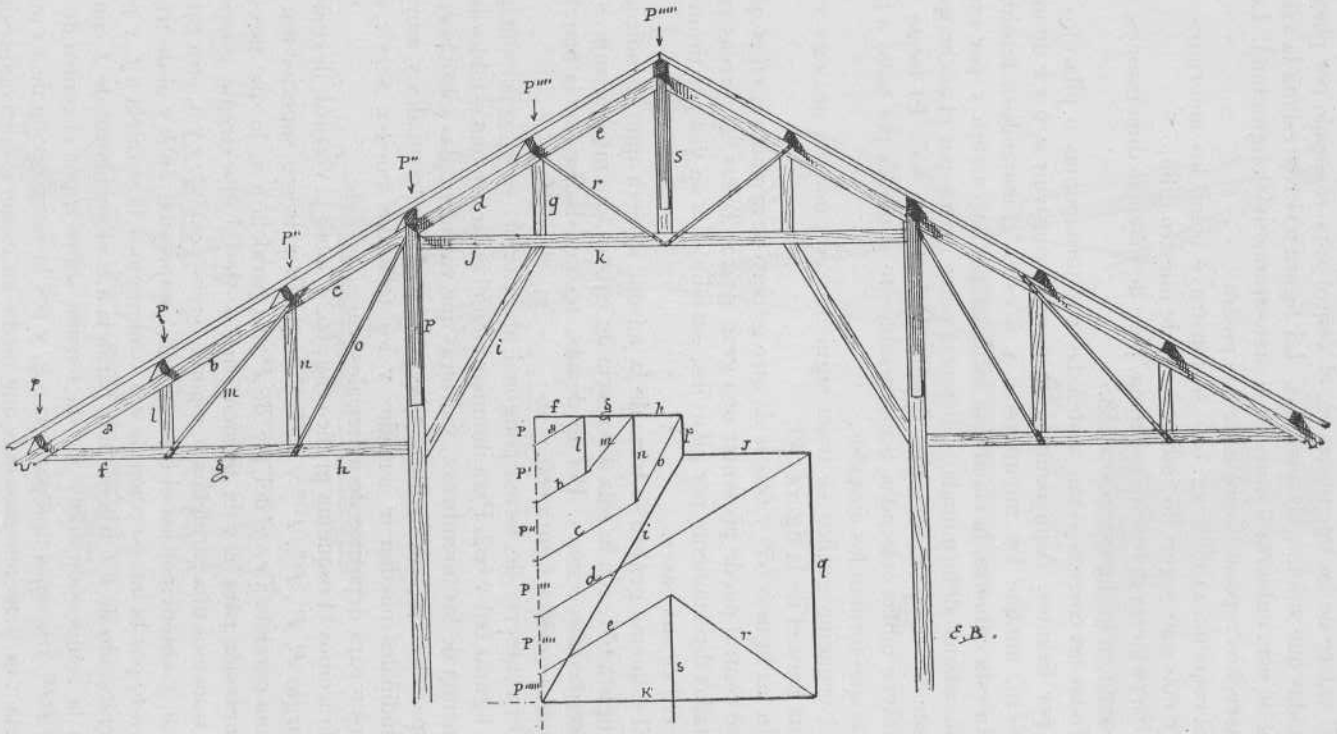
El esquema gráfico se traza siguiendo una marcha análoga a la descrita para el de la figura 649.

En las figuras 659 y 660 se da otro género de armadura, en el que la nave central puede presentar una gran altura. Todas las correas van soportadas directamente por pilarejos, sostenidos a su vez por tirantes de hierro en sus bases.

El esquema gráfico se traza de la misma manera que el indicado en la figura 651, con la sola diferencia de existir aquí más miembros y de distintas direcciones. Por lo demás, no hay sino seguir la marcha que indica nuestra figura 660.

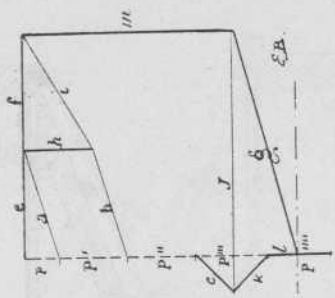
Otra cubierta de forma poligonal al exterior, es la representada en las figuras 661 y 662. Para iluminar bien el centro se han establecido, por encima de los miembros *c*, vidrieras que van montadas sobre herrajes especiales apoyados y fijos en las correas. Los entramados y muros longitudinales pueden ir cerrados y los tejadillos pueden servir de abrigos o para depósitos de materiales, carruajes, etc.

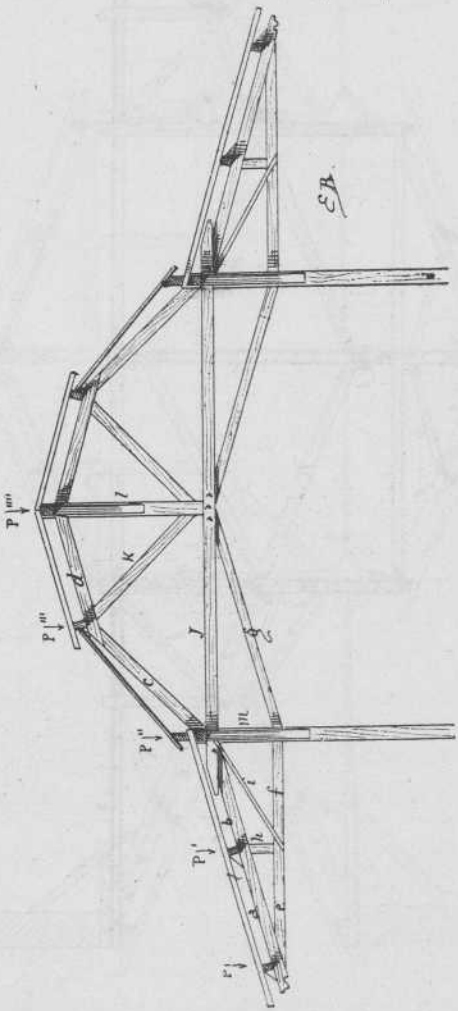
Tracemos el esquema gráfico (fig. 662): sobre la vertical, llevemos las cargas P, P', P'', P''' y P^{IV}, y desde su extremo superior tracemos una paralela a *e*, y del pie de P una paralela a *a*, lo que nos da la compresión para *e* y la tensión para *a;* desde el extremo inferior de P' tracemos una paralela a *b*, y por la intersección de *e* y *a*, otra paralela a *h*, y obtenemos así el esfuerzo de compresión en *h* y el de tracción en *b;* por la intersección de *e a* continuemos la paralela a *f*, y por la intersección de *b h* trácese una paralela a *i:* el encuentro de *f* con *i* limita la compresión sobre *f* y la tensión sobre *i;* por el centro de la carga P^{IV}, tracemos una paralela a *g*, y por la intersección de *f i* otra paralela a *m*, y no tenemos más que medir los esfuerzos de compresión sobre estas dos líneas; desde la intersección *g m* tracemos una paralela



Figs. 659 y 660. – Cubierta con marquesinas.

a *j*, por el pie de P'' una paralela a *c* y por el extremo superior de P^{IV} una paralela a *k*. Encontrándose *j* limitado por su encuentro con *c*, tenemos la tensión que sufre este miembro, y las líneas *c* y *k* nos permiten medir la compresión ejercida sobre los miembros que representan.



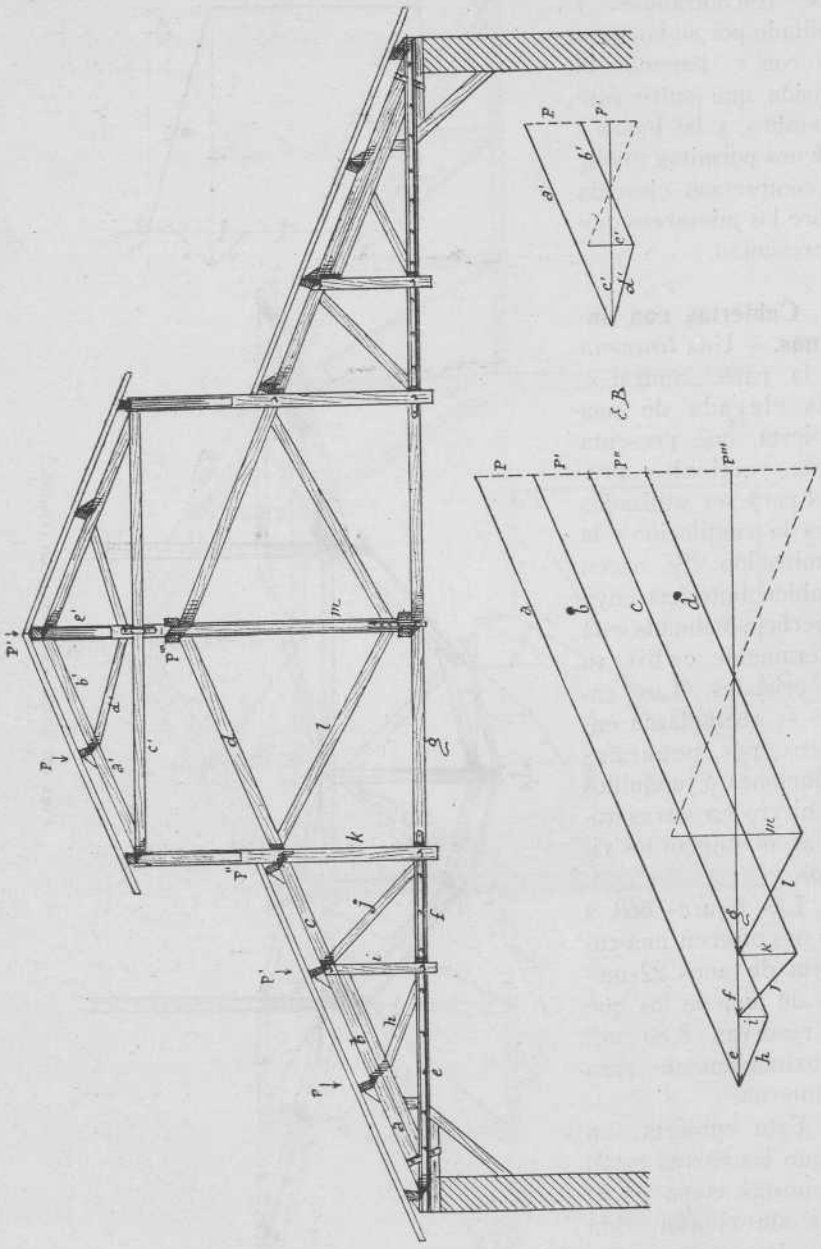


Figs. 661 y 662. — Cubierta con tejadillos.

Cubiertas con linternas. — Una *linterna* es la parte central y más elevada de una cubierta, que presenta caras verticales propias para ser utilizadas para la ventilación y la iluminación. Se hacen también linternas cuya superficie inclinada está enteramente cubierta de cristales. Los cabios se reemplazan entonces por pequeños baquetones o junquillos de hierro en cuyas ranuras se sujetan los vidrios.

Las figuras 663 a 665 nos ofrecen una cubierta de unos 22 metros de luz, de los que se reservan 8,80 m., aproximadamente, para la linterna.

Esta cubierta, en la que las barras están dispuestas como en la viga americana, está formada por pares, piezas verticales estiradas y tornapuntas, enlazado todo por un tirante. La linterna forma, por



Figs. 663 a 665. — Cubierta con linterna.

decirlo así, una pequeña cubierta aparte soportada por la principal.

La figura 664, que da el esquema gráfico de la cubierta, se construye como hemos visto anteriormente, y el de la linterna (fig. 665) sigue exactamente la misma marcha.

Se observan, a la primera ojeada sobre el esquema, los esfuerzos considerables desarrollados en los miembros *a* y *b*, y que, si se quisieran construir los distintos tramos del par con una sola y única pieza de la misma escuadría en toda su longitud, nos conduciría esto a una pesadez excesiva del tramo *d* y también a un gasto inútil.

Para obviar este inconveniente, se hace como en la construcción metálica, en la que se van superponiendo chapas a medida que los esfuerzos aumentan, y se doblan los pares en los primeros tramos, triplicándolos, si fuese preciso, en los más próximos a los apoyos. Esto es lo que hemos querido indicar en nuestro ejemplo (figura 663), doblando los dos primeros tramos *a* y *b*.

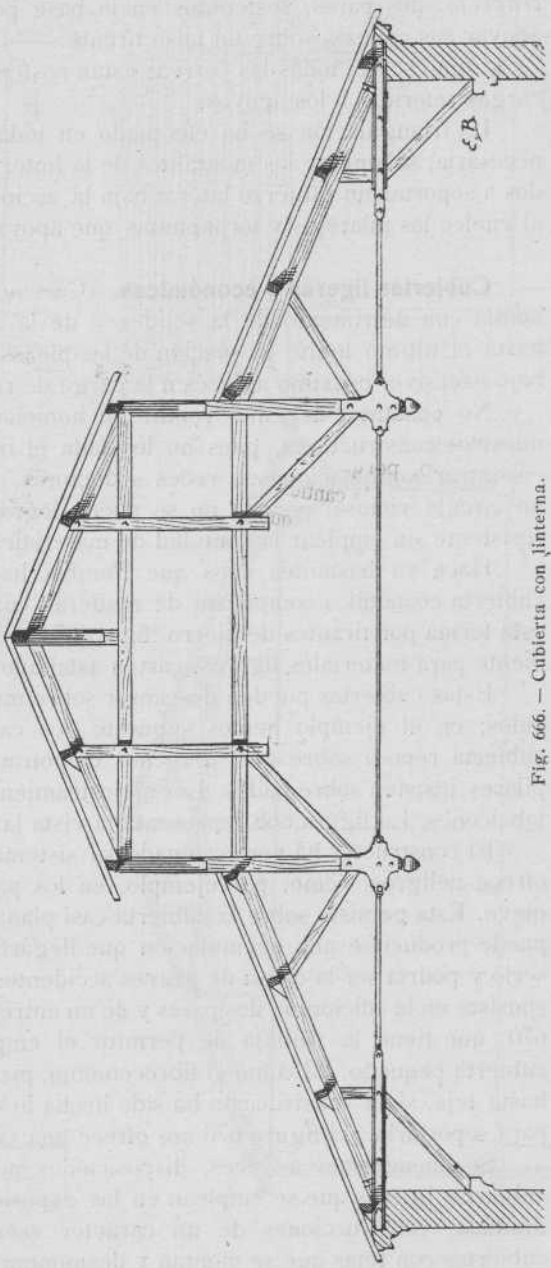


Fig. 666. — Cubierta con linterna.

Otra cubierta, de una luz sensiblemente igual, es la de la figura 666, que para sus principales piezas resistentes es de la forma llamada *de trapecio:* dos pares, sostenidos en la base por un tirante, vienen a apoyar sus cabezas sobre un falso tirante.

Como se ve, todas las correas están sostenidas directamente y sus cargas referidas a los apoyos.

La triangulación se ha efectuado en todas las partes en que es necesaria; solamente los montantes de la linterna pueden verse obligados a soportar un esfuerzo lateral bajo la acción del viento. Se oponen al vuelco los pilarejos y tornapuntas que apoyan en los muros.

Cubiertas ligeras o económicas.—Casi siempre se obtiene la economía con detrimento de la solidez y de la duración: se disminuye hasta el último límite la sección de las piezas y se les impone un trabajo excesivo, próximo a veces a la carga de ruptura.

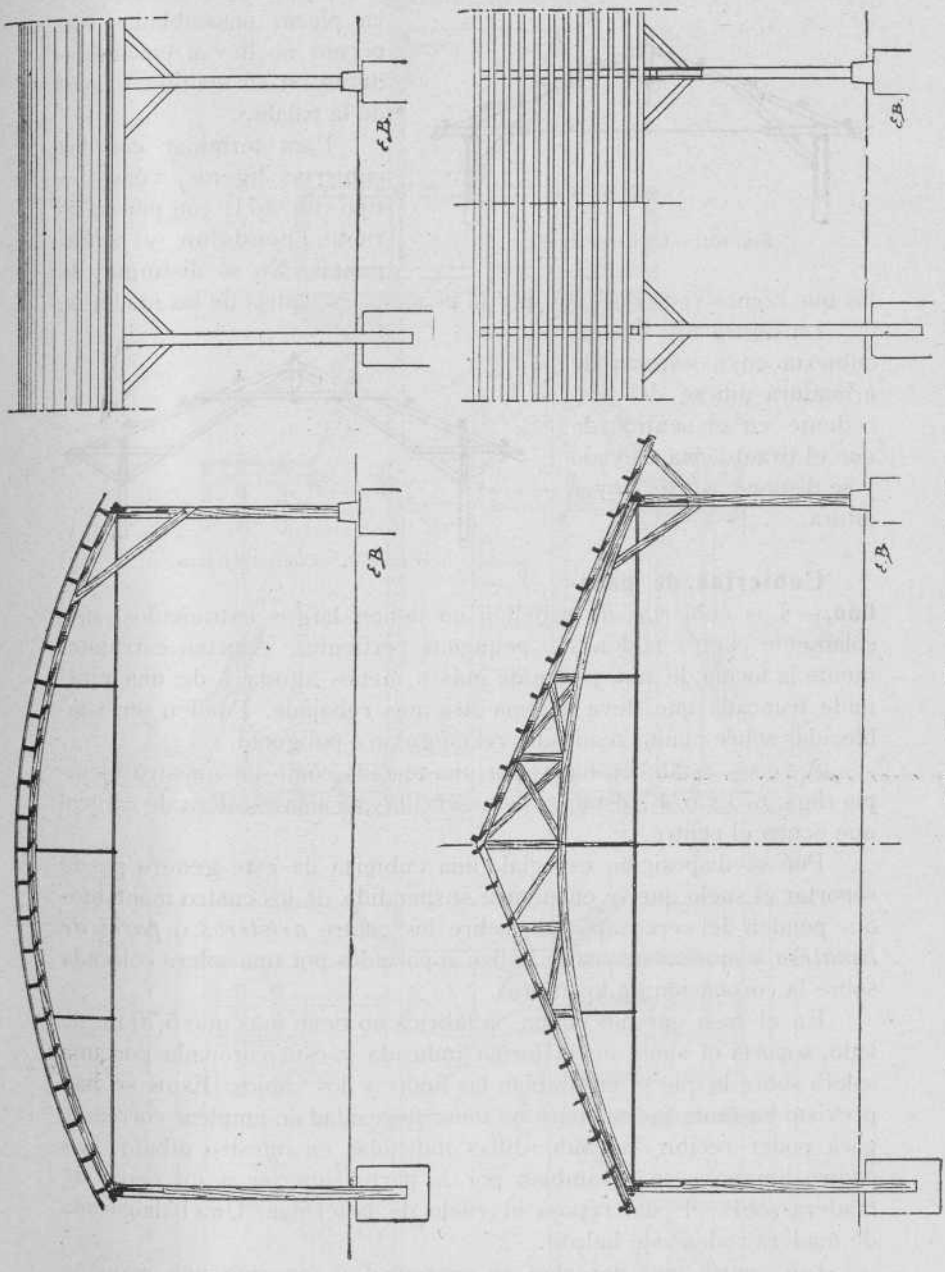
No obstante, debemos rendir un homenaje a la obstinación de nuestros constructores, pues no les falta el ingenio ciertamente para encontrar combinaciones, a veces seductoras, pero que giran todas en un círculo vicioso, porque no se puede lograr ninguna construcción resistente sin emplear la cantidad de materiales indispensable.

Hace ya bastantes años que Pombla ha concebido un tipo de cubierta económica compuesta de maderas curvadas y mantenidas en esta forma por tirantes de hierro (figs. 667 y 668) y que resulta conveniente para materiales ligeros: cartón asfaltado, zinc, uralita.

Estas cubiertas pueden descansar sobre muros o sobre apoyos aislados; en el ejemplo hemos supuesto dos casos: a la izquierda, la cubierta reposa sobre pies derechos empotrados y, a la derecha, los pilares insisten sobre dados. Los arriostramientos están realizados por jabalcones. La figura 668 representa la vista lateral.

El constructor ha perfeccionado su sistema, que en algunos casos ofrece peligros, como, por ejemplo, en los países fríos en tiempo de nieve. Esta persiste sobre la cubierta casi plana y, si el frío continúa, puede producirse una acumulación que llegaría a constituir un peligro serio y podría ser la causa de graves accidentes. El perfeccionamiento consiste en la adición de dos pares y de un entrecruzamiento (figs. 669 y 670) que tiene la ventaja de permitir el empleo de un material de cubierta pequeño, tal como el fibrocemento, pizarra metálica, pizarra y hasta teja, si la construcción ha sido hecha lo suficientemente robusta para soportarla. La figura 670 nos ofrece una vista lateral.

Se encuentran, a veces, disposiciones muy interesantes en las cubiertas ligeras que se emplean en las exposiciones de duración muy limitada, construcciones de un carácter esencialmente provisional, cubiertas con tejas que se montan y desmontan con la mayor rapidez. Recomendamos examinarlas con atención, porque muchas veces hay en ellas el germen de una idea que puede ser buena y útil.



Figs. 667 a 670. — Cubiertas Pombla.

Pero estas pequeñas cubiertas, constituídas frecuentemente con tablas, no pertenecen a la carpintería de armar propiamente dicha, pues las piezas ensambladas con pernos no llevan ensambladuras en el sentido exacto de la palabra.

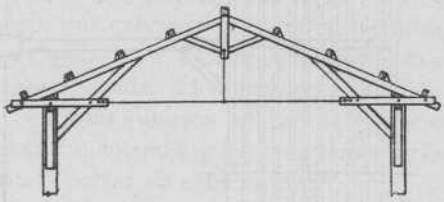


Fig. 671. — Cubierta ligera.

Para terminar con las cubiertas ligeras, véase un tipo (fig. 671) con pares, tirante, pendolón y torñapuntas. No se distingue de las que hemos visto más que por la pequeña escuadría de las maderas.

La figura 672 es una cubierta cuyo sistema de armadura difiere del precedente en el sentido de que el tirante está elevado y se dispone así de mayor altura.

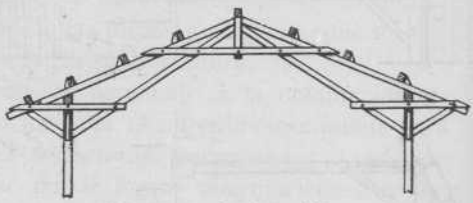


Fig. 672. — Cubierta ligera.

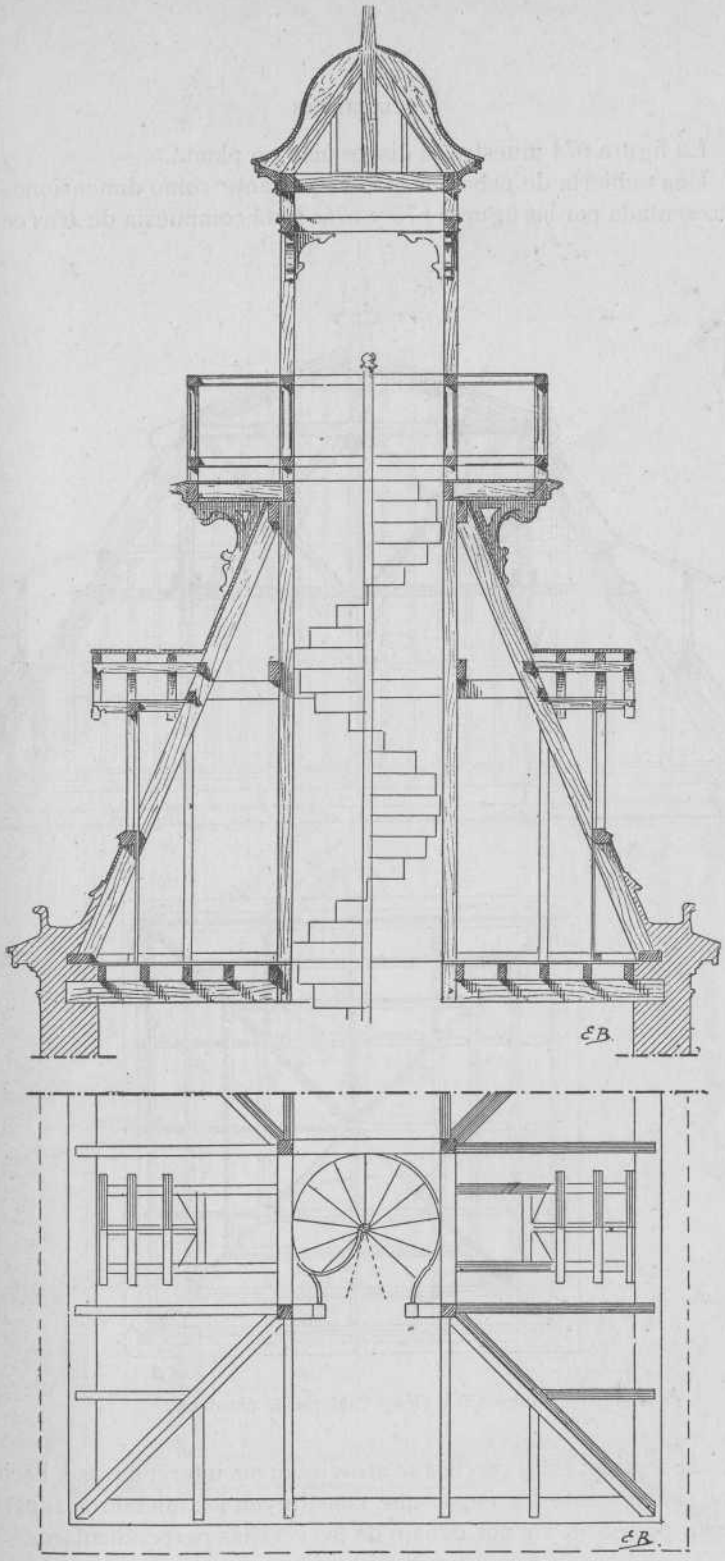
Cubiertas de pabellón. — Las cubiertas de pabellón no tienen largos entramados, sino solamente cuatro faldones o pequeñas vertientes. Afectan corrientemente la forma de una pirámide más o menos aguda o de una pirámide truncada que lleva encima otra más rebajada. Pueden ser establecidas sobre planta cuadrada, rectangular o poligonal.

A veces, están coronadas por una terraza como en nuestro ejemplo (figs. 673 y 674), estando ésta servida por una escalera de caracol que ocupa el centro.

Por su disposición especial, una cubierta de este género puede soportar el suelo que se encuentra suspendido de los cuatro montantes que penden del cerco apoyado sobre los cuatro *arísteros* o *pares de limatesa* y que a su vez se hallan soportados por una solera colocada sobre la coronación de los muros.

En el caso que nos ocupa, la fábrica no tiene más que 5,70 m. de lado, soporta el suelo en la forma indicada y está coronada por una solera sobre la que se ensamblan las limas y los cabios. Estos se han previsto bastante fuertes para no tener necesidad de emplear correas y para poder recibir las buhardillas indicadas en nuestro dibujo. Las cuatro limatesas se ensamblan por la parte superior a un cerco de madera sobre el cual reposa el vuelo de la terraza. Una balaustrada de madera rodea este balcón.

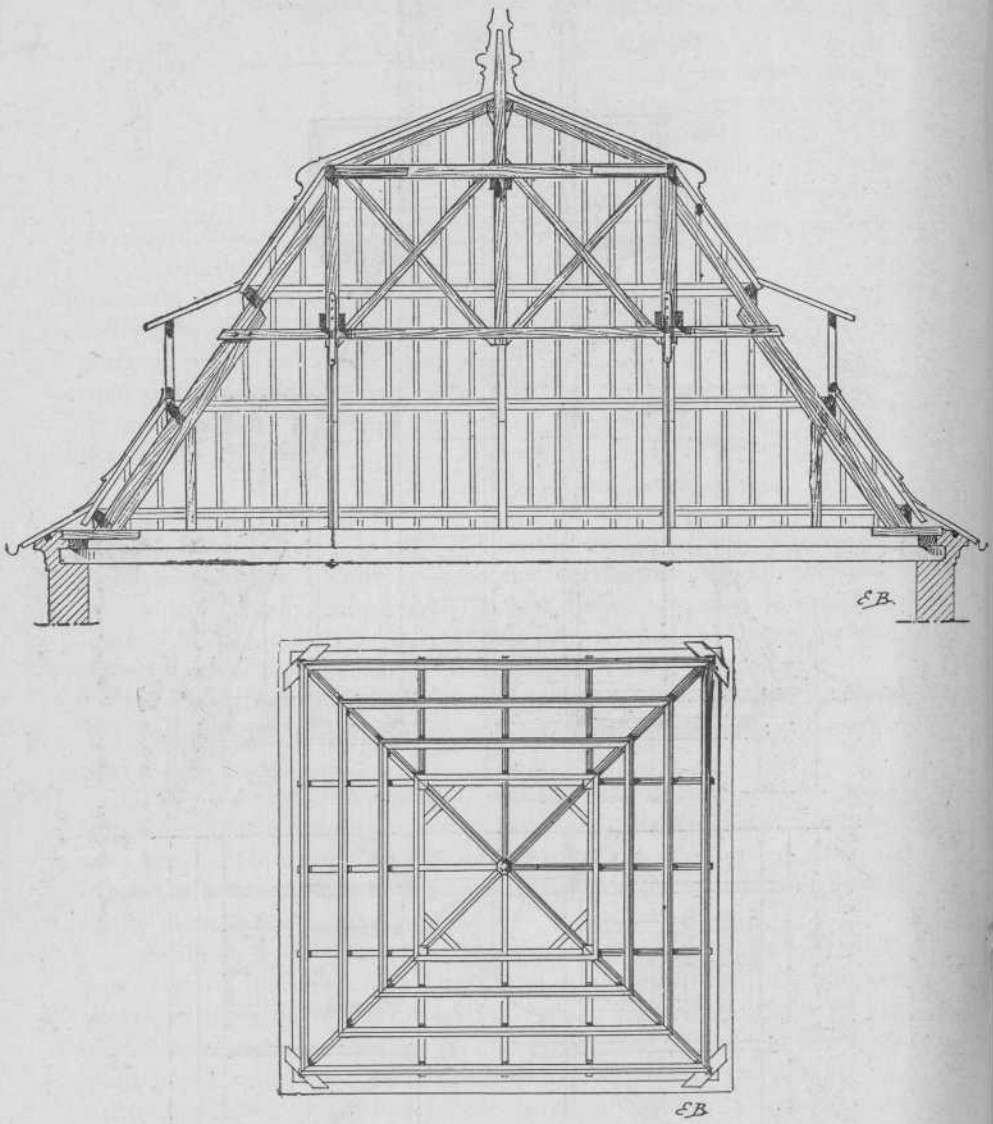
Los cuatro pies derechos se continúan y soportan una pequeña cubierta en forma de cupulita, que puede ir cerrada para oponerse a la entrada de las aguas pluviales.



Figs. 673 y 674. – Cubierta de pabellón.

La figura 674 muestra la disposición en planta.

Una cubierta de pabellón más importante como dimensiones es la representada por las figuras 675 y 676. Está compuesta de tres cerchas



Figs. 675 y 676. — Cubierta de pabellón.

en cada sentido; estas cerchas se atraviesan sin interrumpirse, haciendo pasar simplemente los cepos que constituyen los miembros superior e inferior por encima y por debajo de las cerchas perpendiculares.

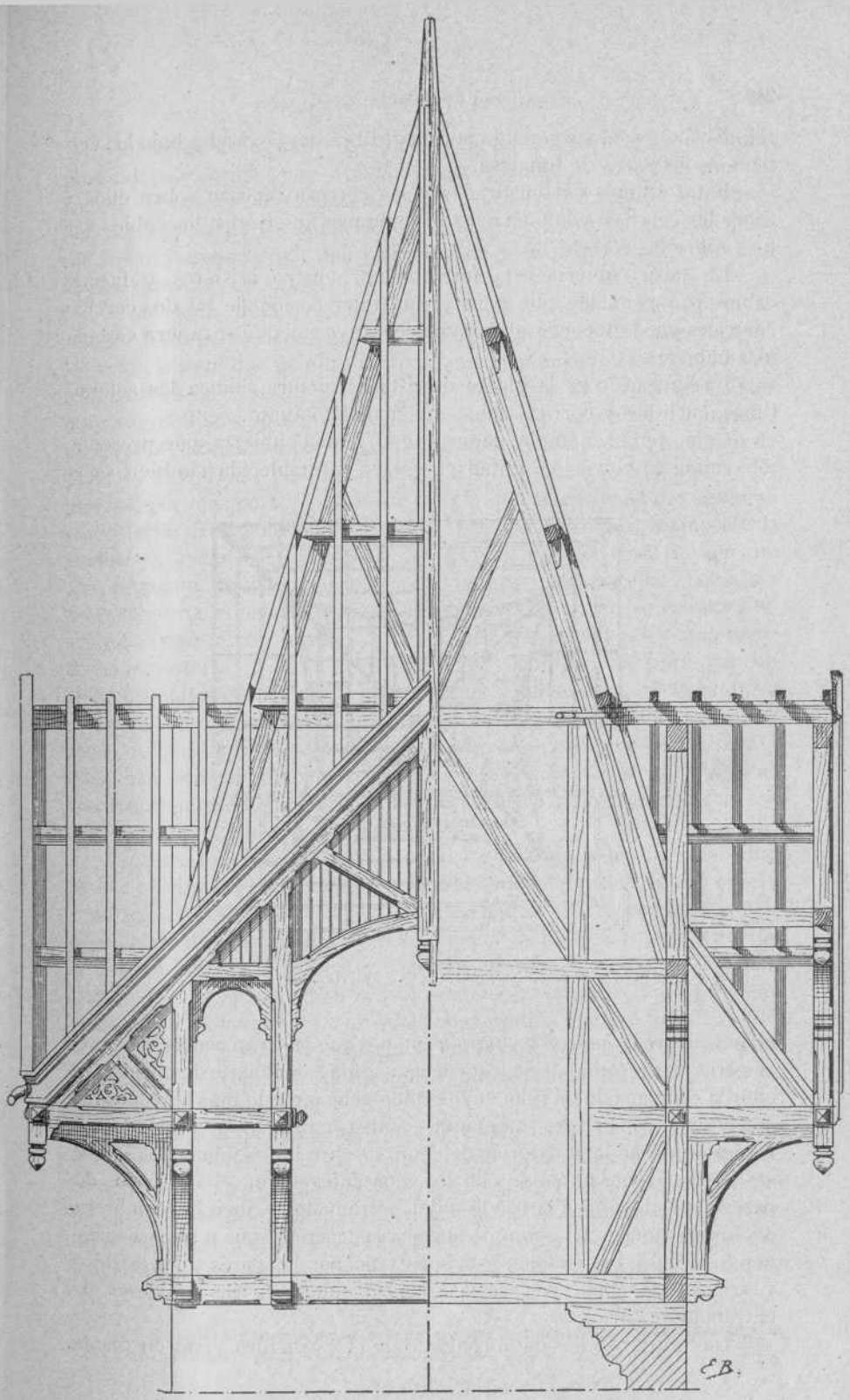


Fig. 677. — Cubierta de pabellón.

El suelo está suspendido por cuatro tirantes colocados bajo los vértices de los pares de limatesa.

Estos últimos son cuadrados y las correas reposan sobre ellos y sobre las cerchas; como en nuestros ejemplos anteriores, los cabios van fijos sobre las correas.

La falsa cubierta está formada por cuatro aristeros y fuertes cabios; un pendolón que parte de la intersección de las dos cerchas centrales puede soportar el motivo decorativo con que se quiera coronar esta cubierta.

La figura 676 es la planta de esta estructura: indica las soleras, limas, cuchillos y correas que componen el conjunto.

Como tercer ejemplo, damos (fig. 677) una cubierta, que presentamos mitad en elevación, mitad en corte, y establecida también sobre

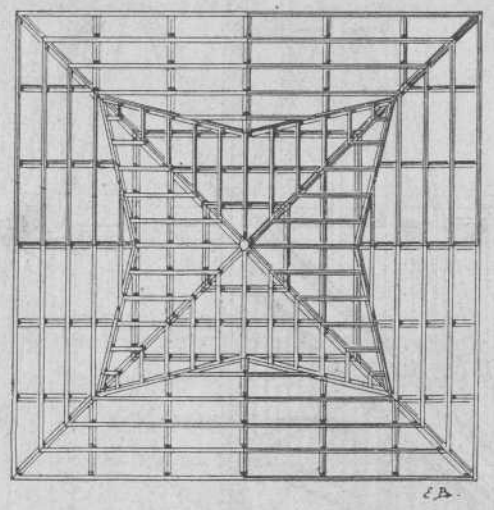


Fig. 678. — Planta de la cubierta anterior.

planta cuadrada, pero con cuatro frontones que motivan penetraciones en la estructura piramidal. Se trata de una aguja campanario destinada a recibir la campana de un reloj cuyo sonido debe oírse lo más lejos posible.

Puede construirse montando cuatro entramados verticales de madera enrasando al exterior del muro; sobre las esquinas, las limatesas vienen a ensamblarse con los montantes y, en el intervalo, dos pares apoyados sobre la traviesa del entramado reciben las cumbreras de los frontones. El conjunto soporta las correas, que a su vez sostienen los cabios; el pendolón está soportado por los pares y los aristeros y arriostrado abajo por piezas que lo sujetan a las traviesas del entramado.

La figura 678 nos da el conjunto de la estructura visto en planta.

Cubiertas de aguja. — Se da el nombre de *aguja* a una cubierta piramidal de forma muy aguda, y esta palabra se emplea también para designar las correspondientes obras de carpintería. No obstante, los campanarios de las catedrales de Chartres y Estrasburgo, por ejemplo, están rematados por una pirámide de piedra que recibe también la denominación de aguja.

«Nos sería difícil—dice Viollet-le-Duc—decir a qué época se remontan las primeras agujas construídas de madera. Existían ya en el siglo XII, puesto que de ellas se hace mención cuando los incendios de campanarios de madera; pero no tenemos sobre su forma sino datos muy vagos. Estas agujas constituían entonces probablemente grandes pirámides colocadas sobre torres cuadradas, cubiertas de pizarras o de plomo y perforadas por buhardillas más o menos monumentales. Es preciso, por otra parte, establecer bien lo que se entiende por aguja en carpintería. En el norte de Francia, muchas torres de mampostería estaban y están aún cubiertas por pabellones de madera, que no son, propiamente hablando, más que cubiertas muy agudas. La aguja de carpintería es una obra aparte, completa, que posee su basamento, sus pisos y su tejado; puede, es cierto, estar colocada sobre una torre de mampostería, ... pero no obstante se distingue siempre por un aire particular, que le es exclusivo: es un edificio de madera, entero, colocado sobre un edificio de piedra como sobre una bandeja, del mismo modo que las cúpulas modernas de San Pedro de Roma, de los Inválidos, etc., son monumentos distintos, independientes de la masa de construcción que los soporta. Estas obras de carpintería son las únicas que merecen el nombre de agujas.»

Nuestro ejemplo (fig. 679) representa una aguja establecida sobre planta cuadrada. De altura restringida, puede construirse con cuatro aristeros enlazados por correas y hacerse indeformable por riostras. El ensamblaje de estos aristeros en su vértice se hace sobre un pendolón que desciende hasta la correa superior, donde un enrayado lo fija e impide todo desplazamiento en el sentido horizontal (1). Los pies de estos pares se ensamblan a un suelo como indica nuestra figura.

Por la parte baja, la cubierta se encuentra quebrada para permitir un saliente del tejado sobre los muros, que arroje las aguas lejos de las fachadas.

La aguja de planta octogonal representada en la figura 680 es de una altura algo mayor. Está dividida en dos partes distintas: la inferior, compuesta de una plataforma o cerco de soleras bien encadenadas, que descansa sobre los muros, y sobre la cual se ensamblan los aristeros; éstos van mantenidos por las cabezas con otro cerco o plataforma hecho indeformable por tirantes metálicos radiales que se unen en el centro

(1) Se da el nombre de *enrayado* al entramado horizontal de una cubierta a la altura de los tirantes para arriostrar las cerchas.

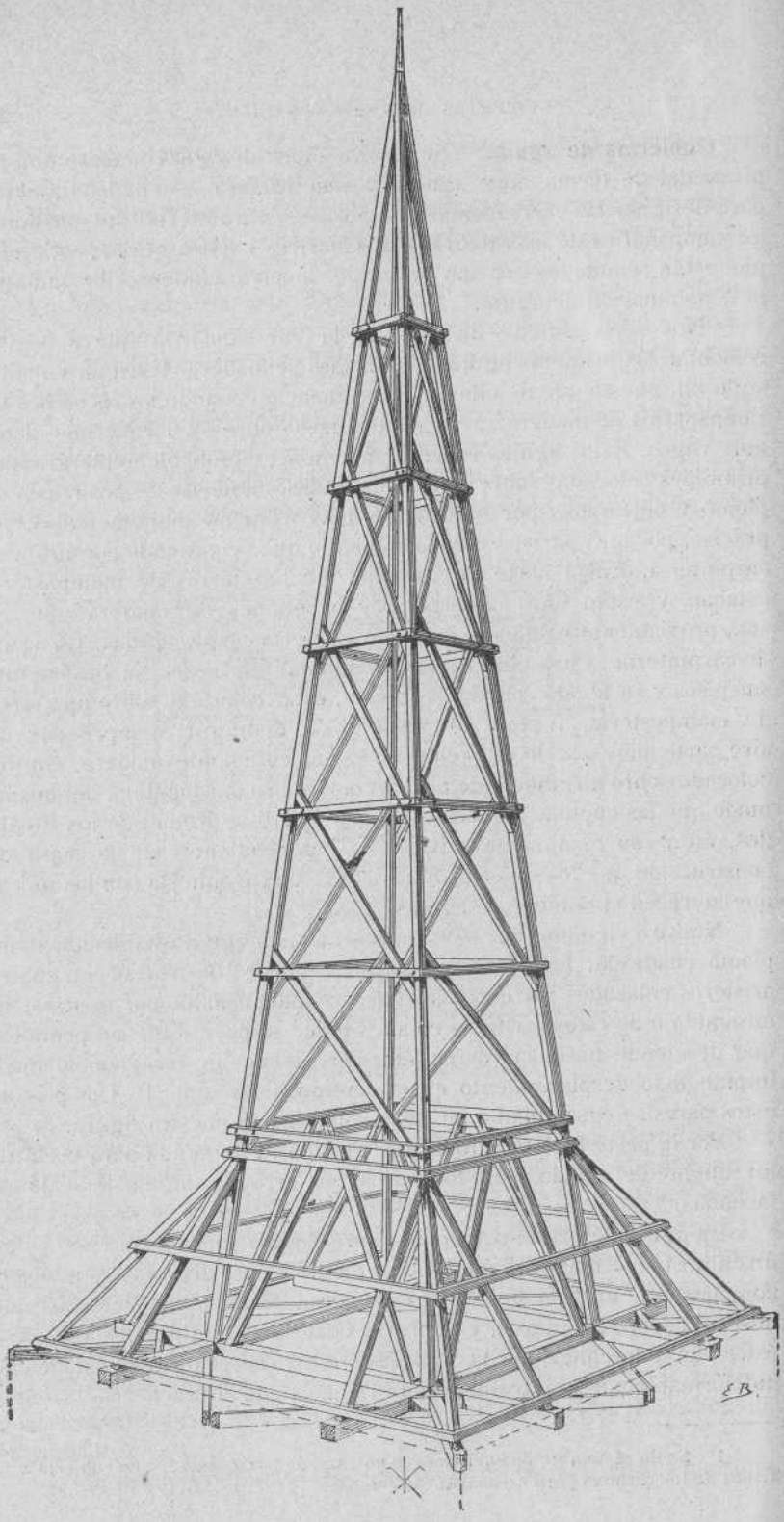


Fig. 679. — Aguja.

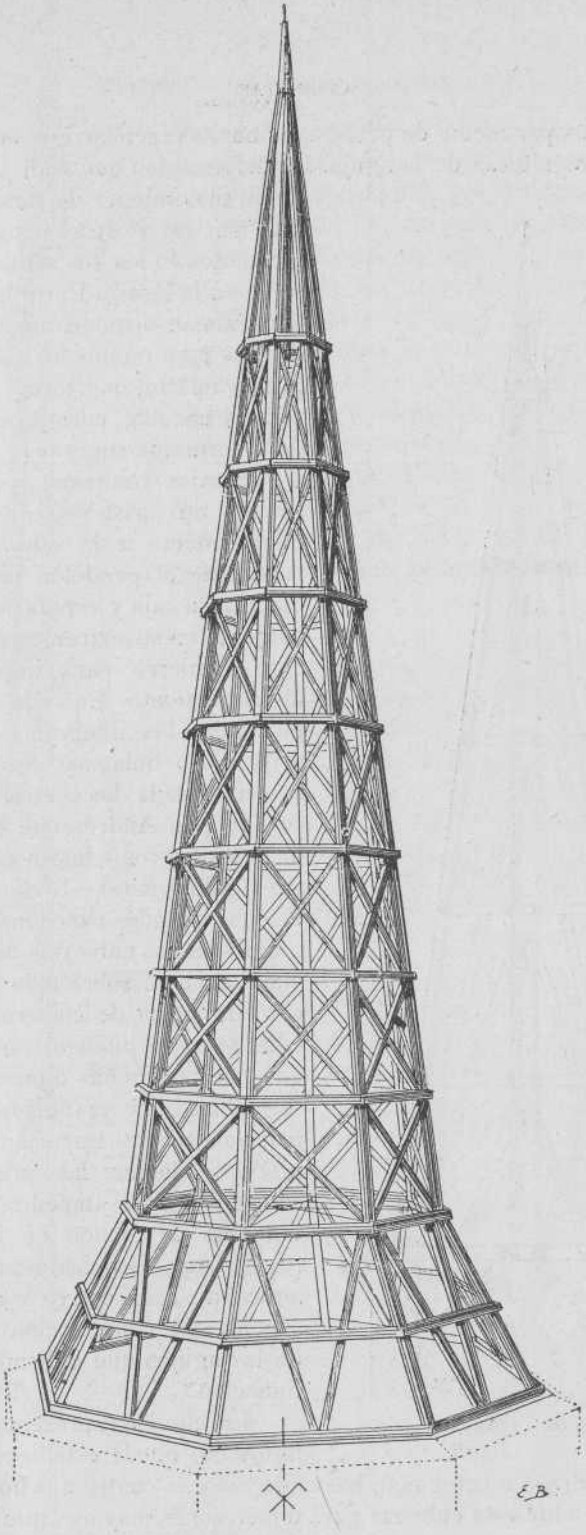


Fig. 680. – Aguja.

sobre placas por medio de pernos. Es bueno practicar este entrelazado a diferentes alturas de la aguja. La deformación que pudiese resultar de un movimiento de torsión se impide por las riostras o tornapuntas inclinados en los dos sentidos, como se ve en la figura. Entre las dos plataformas se dispone una hilada de correas para recibir los cabios. Esta primera parte, que forma una pirámide truncada, constituye la base de la pirámide superior.

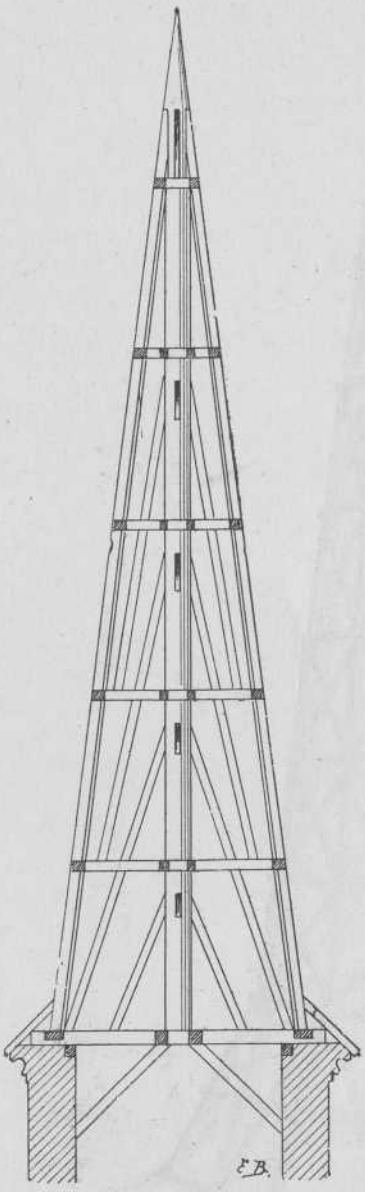


Fig. 681. – Aguja.

Esta se compone, como la anterior, de aristeros ensamblados inferiormente a la solera y superiormente al pendolón por ensambladuras a caja y espiga, sujeto este conjunto en su extremo por un zuncho de hierro para impedir todo desplazamiento. En cada cara de la pirámide, los intervalos entre los aristeros o limatesas están ocupados entre cada dos correas por cruces de San Andrés que entrelazan dichos aristeros y hacen el conjunto tan rígido como si estuviera formado de ocho grandes paños macizos.

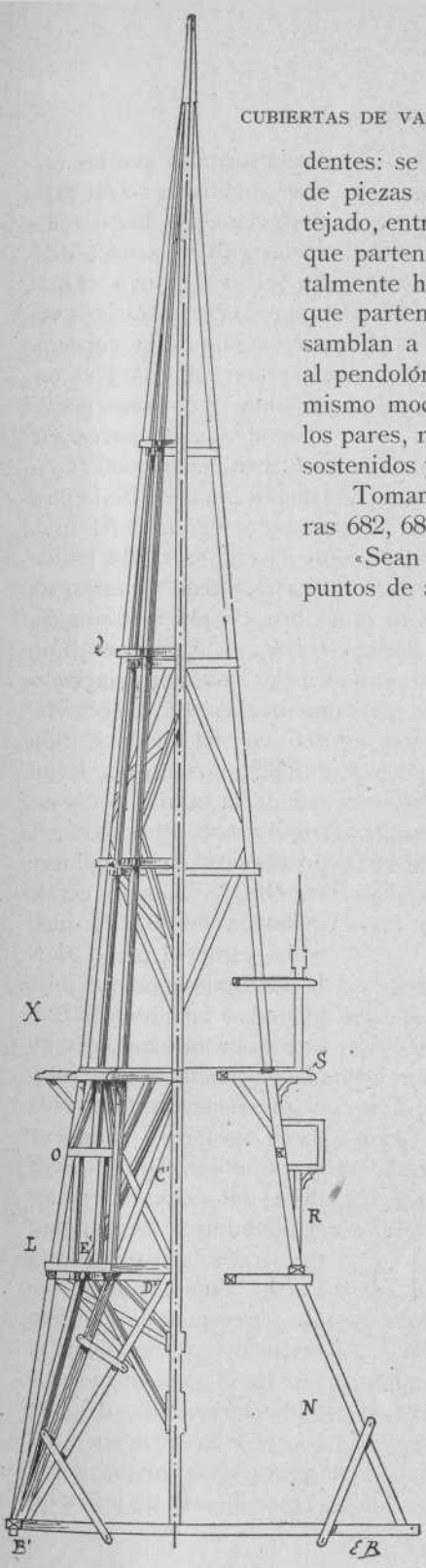
Estas dos cubiertas de aguja se han dado aquí sobre todo para indicar una forma de construcción sencilla, pero no pueden convenir más que para pequeñas dimensiones. Si se aplicase el principio a construcciones más importantes, sería preciso adoptar las precauciones adecuadas para impedir todo movimiento de flexión en los aristeros, y para esto arriostrarlos a la altura de cada correa y adoptar el sistema de construcción empleado en las agujas que indicamos a continuación.

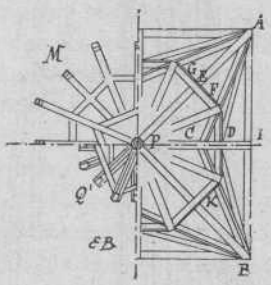
La aguja representada en la figura 681 puede establecerse sobre planta cuadrada u octogonal, bastando colocar cuatro u ocho aristeros. Es conveniente esta cubierta para dimensiones mayores que las prece-

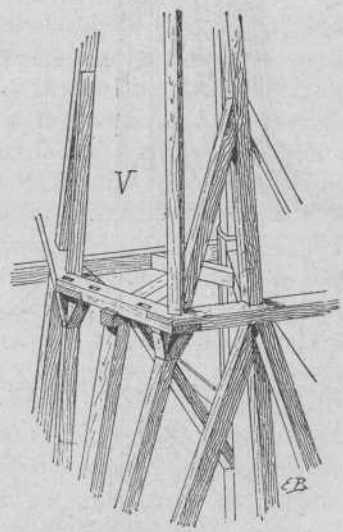
dentes: se compone de un pendolón central y de piezas inclinadas según la pendiente del tejado, entrelazado todo por enrayados, piezas que parten del centro para irradiar horizontalmente hasta los aristeros; de tornapuntas, que parten de los enrayados, donde se ensamblan a caja y espiga y van a encontrar al pendolón, sobre el cual se ensamblan del mismo modo. El pendolón, ya suspendido de los pares, reposa además sobre los enrayados sostenidos por tornapuntas.

Tomamos de Viollet-le-Duc las figuras 682, 683 y 684, así como su descripción:

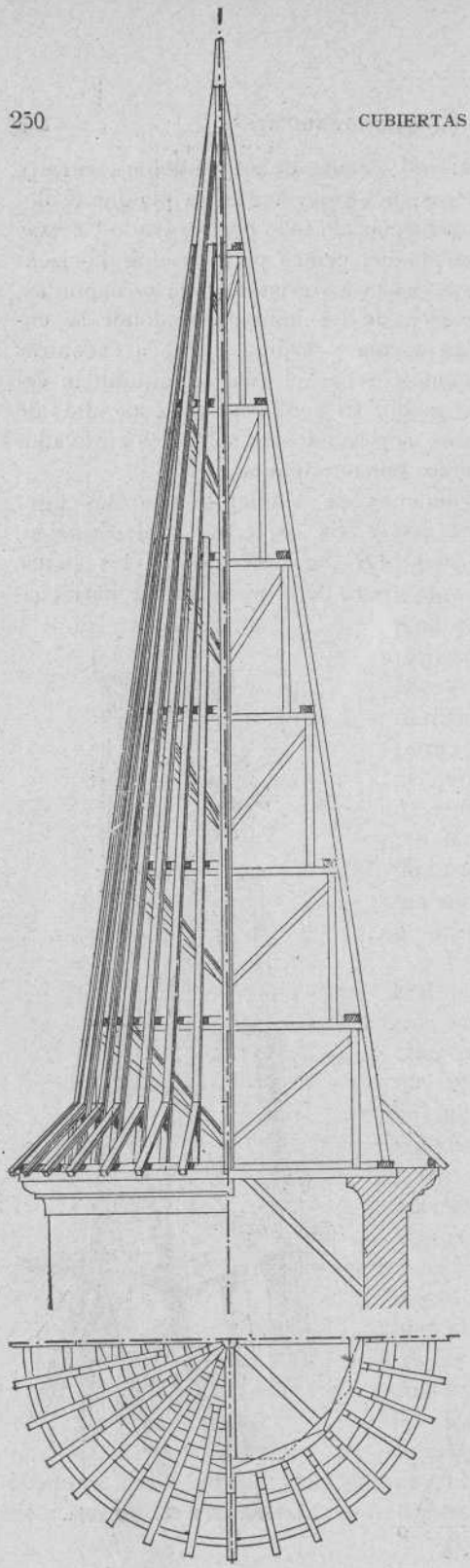
«Sean *AB* (fig. 683) dos de los cuatro puntos de apoyo de la pirámide de base cua-







Figs. 682 a 684. – Aguja.



Figs. 685 y 686. — Aguja.

drada formada por las cerchas inclinadas *ABC*. La proyección de las cerchas de las cubiertas está dada por el triángulo *ABD;* luego, *ADC, BDC* se ven por encima de la vertiente de estas cubiertas; el tornapunta *AE* pasa por el plano de los dos pares *AG, AF*. Los pendolones *IC* entran en la planta de la pirámide octogonal. Al nivel de la cumbrera de las cubiertas existe un enrayado sobre la planta octogonal *GFK*, etc., embarbillado en las piezas principales inclinadas *AP, AG, AC, BC*, etc. El alzado *X* (figura 682), tomado por la mitad de la aguja, de *B* a *I* (figura 683), hace ver la proyección de la cubierta en *B'D'*, la gran cercha inclinada en *B'C'*, inclinada según el plano *B'O*. Los tornapuntas *AE* de la planta se ven en *B'E'* y el primer enrayado octogonal en *L* (fig. 682), sobre el que reposan los verdaderos aristeros o limatesas de la aguja. Aquí, los vértices del octógono no corresponden a las cumbreras de las cuatro cubiertas y a los cuatro nudos, sino que corresponden a los puntos medios de las ocho caras. En *N* está trazado uno de los tornapuntas diagonales *AE* y la sección por *EP* (figura 683), hecha por el centro de una de las cuatro

caras de la pirámide octogonal que corresponden frente a los nudos; hay abiertas buhardillas *R* en estas cuatro caras. Una galería *S* rompe el aspecto uniforme de la aguja: el enrayado del suelo de esta galería está trazado en *M*. El enrayado *Q* está trazado en *Q'*, y los enrayados cuarto y quinto están trazados de la misma manera. En *V* (fig. 684), una perspectiva indica el encuentro de las piezas inclinadas del cuerpo inferior con el primer enrayado octogonal *L*.»

Como se ha visto, el principio de esta aguja es semejante al descrito con motivo de la aguja figura 680, es decir, que está compuesta de tramos superpuestos.

Veamos ahora una aguja establecida sobre planta circular (figs. 685 y 686). Es una cubierta cónica que se aproxima en su construcción a la de la figura 681; se compone de ocho piezas resistentes unidas al pendolón por enrayados que descansan sobre pies derechos entibados por tornapuntas o puntales. Las correas van cortadas según el círculo originado por el cono en el punto en que vienen a colocarse.

Los intervalos entre las piezas principales se completan con cabios convergentes hacia la punta del cono; todos los cabios no llegan hasta el vértice, donde no encontrarían sitio, quedando interrumpidos a una distancia conveniente para que continuando sólo uno sí y otro no, dejen entre sí una separación bastante pequeña para colocar el material de cubierta. En la parte inferior se han adosado ristreles a los cabios para permitir la proyección de las aguas lejos de los muros.

La figura 686 es la planta de esta cubierta. La parte de la izquierda da la planta de la cubierta completa y con sus cabios; la de la derecha es una sección horizontal al nivel del segundo enrayado.

Armaduras curvas. — La mejor cubierta, desde el punto de vista de la estabilidad y de la utilidad práctica, es la de tirante recto; desde el solo punto de vista de la resistencia, un tirante quebrado con la convexidad hacia abajo disminuiría mucho la magnitud de los esfuerzos, pero pocas veces es posible admitir un tirante así. Ya muy a menudo el tirante recto representa un estorbo por falta de altura libre, y el tirante peraltado, aparte de aumentar poco la altura disponible (puesto que la altura máxima sólo se alcanza en el centro), tiene el inconveniente de aumentar considerablemente el trabajo impuesto a las piezas que componen la armadura.

Si además de lo que acaba de decirse, elevamos de aspecto la cuestión y tenemos en cuenta el factor estética de una construcción según el uso a que se destine, se comprenderá que los constructores se hayan esforzado en realizar combinaciones de carpintería de un aspecto más decorativo y de una forma que permita mayor espacio libre. De sus investigaciones han salido las cubiertas curvilíneas, que pueden ser de *medio punto, carpaneles, elípticas* u *ojivales*.

Uno de nuestros colegas del siglo XVI, Filiberto Delorme, en vista

de la escasez y elevado precio de las maderas de grandes dimensiones —¿qué diría si viviese en nuestros días?—necesarias para la construcción de armaduras de gran luz, imaginó un sistema de cerchas curvas que lleva aún su nombre y que es también aplicable a toda otra clase de cubiertas rectas o curvas y hasta a las cúpulas.

El sistema consiste en el empleo de maderas de pequeñas dimensiones, puestas de canto y con aparejo de juntas encontradas. Son

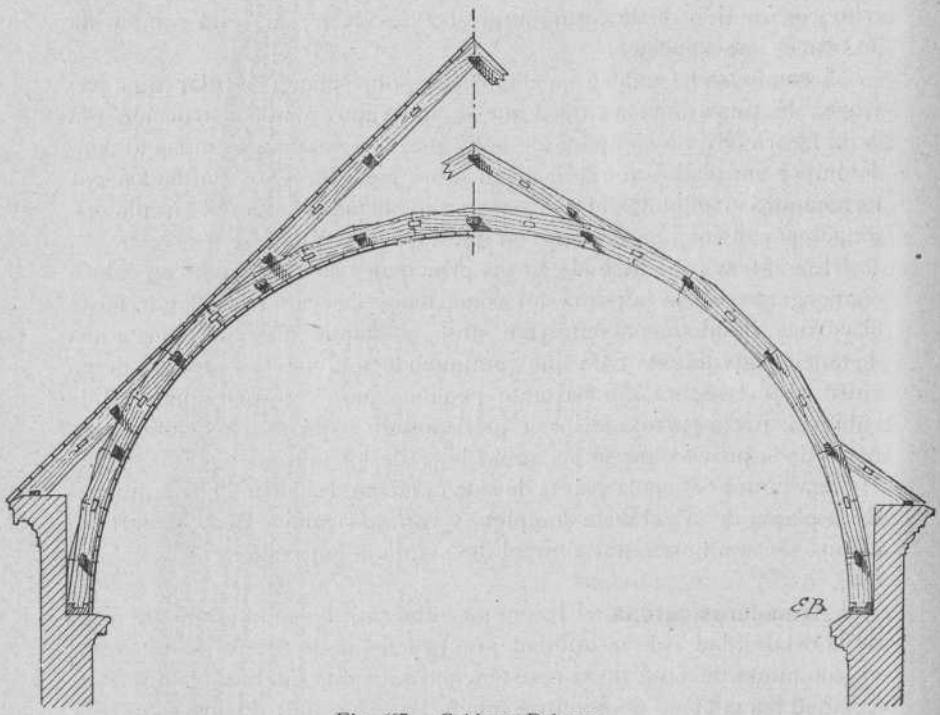


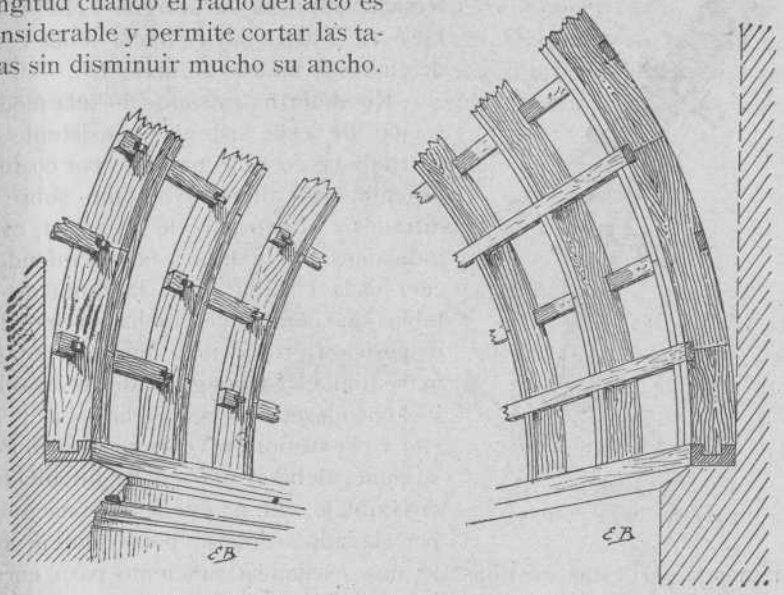
Fig. 687. — Cubierta Delorme.

tablas aplantilladas según la curva del intradós y que, en conjunto, forman verdaderas bóvedas de carpintería.

Nuestra figura 687 representa una cubierta establecida según el sistema de Filiberto Delorme. Indicamos sobre esta figura dos soluciones diferentes: a la izquierda, un aro semicilíndrico con la forma exterior de un tejado rectilíneo ordinario; a la derecha, el mismo aro, pero con el tejado formando línea quebrada.

Las cerchas, en este sistema, van espaciadas de 0,66 a 1 metro, lo que corresponde a las antiguas medidas de dos y tres pies. Están compuestas, según la resistencia necesaria, de dos o tres tablas puestas de plano unas contra otras, colocándose cada junta en correspondencia con el centro de la tabla contigua, es decir, trabadas. Para evitar el deslizamiento de unas tablas respecto de otras, se hacen solidarias por

medio de clavijas; actualmente, se prefiere clavarlas. Las tablas que componen estas cerchas tienen ordinariamente una longitud variable entre 0,97 a 1,30 m., pero es evidente que se pueden escoger de mayor longitud cuando el radio del arco es considerable y permite cortar las tablas sin disminuir mucho su ancho.



Figs. 688 y 689. – Disposición del arriostramiento.

Las cerchas están unidas entre sí por medio de riostras o *costillas,* como indicamos en la figura 688. Estas costillas van alternadas o contrapeadas y enclavijadas a cada lado de la cercha.

El sistema de techo más recomendable para estas cubiertas es el de tablillas machihembradas, muy suficiente para una separación tan reducida entre armaduras.

Las secciones de las tablas para estas cerchas varían, según Delorme, desde 210 × 27 mm., para una luz de 7,80 metros, hasta 350 × 80 mm. para 35 metros de luz.

Luz de las cerchas	Anchura de las tablas	Espesor de las tablas
7,80 m.	0,21	0,027
11,70 »	0,27	0,040
19,50 »	0,35	0,054
22 a 24 »	0,35	0,070
35 »	0,35	0,080

Las costillas tienen un espesor algo superior al de las tablas que componen la cercha y, como ancho, cuatro veces el espesor de estas tablas, de manera que presenten amplio espacio para practicar la mortaja de paso de la llave sin debilitar demasiado la pieza. Las llaves son

igualmente de madera, de 2 × 2 cm. de sección y de forma ligeramente piramidal para que entren como cuñas.

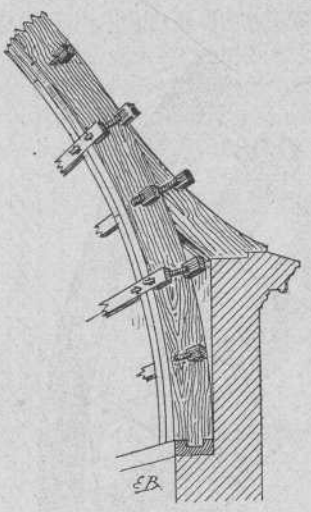


Fig. 690.
Disposición de las costillas.

Una hermosa aplicación de este sistema se hizo en la antigua «Halle aux blés» de París, cuya cúpula tenía cerca de cuarenta metros de diámetro.

Rondelet ha introducido una modificación de este sistema, consistente en sustituir las costillas pasantes por costillas ensambladas alternativamente sobre el intradós y el extradós de la cercha, como indicamos en la figura 689, viniendo a caer cada costilla sobre la junta de las tablas que constituyen dicha cercha. Esta disposición proporciona ciertas ventajas: no se limita ya la longitud de las costillas, y el entrelazado de las cerchas por el interior y el exterior previene su alabeo. Pero su punto débil reside en la dificultad de ensamblaje, que no puede ya conseguirse por clavado ordinario, por lo cual aconsejamos hacer estas costillas de una escuadría suficiente para que se puedan escoplear la cercha y la costilla según el procedimiento de *media madera;* esto impide todo posible deslizamiento y evita el peligro de torsión o pandeo de las cerchas, que pudiera originar una carga demasiado grande.

Puede también emplearse el procedimiento mixto que damos en la figura 690, el cual combina los dos procedimientos y aprovecha naturalmente las ventajas de cada uno de ellos.

Cuando el intradós de una de estas cubiertas no forma techo visto, parece inútil recortar las tablas según la curva del arco interior. Una vez trazada la montea, basta presentar las tablas encima y trazar el corte inclinado de sus extremos por medio de una normal a la curva en esos puntos (fig. 691). En esta figura se indica la distribución del enclavijado o clavado, según se elija, para la unión de las tablas.

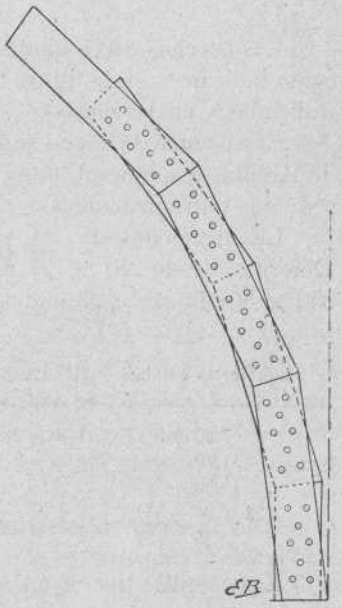
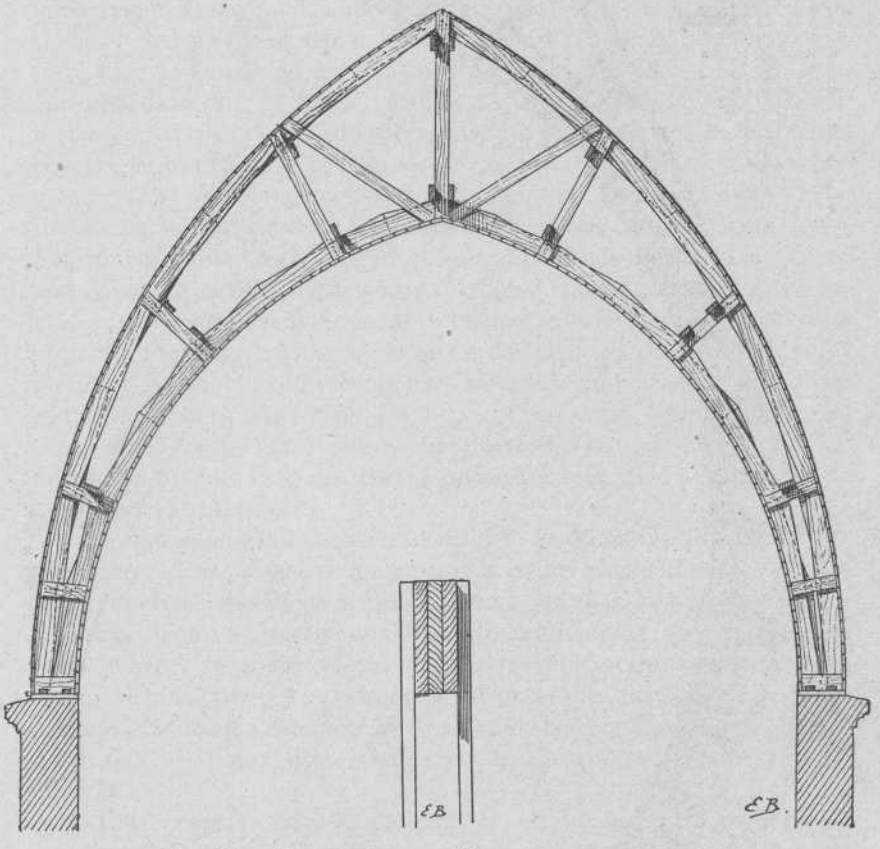


Fig. 691. — Tablas no aplantilladas.

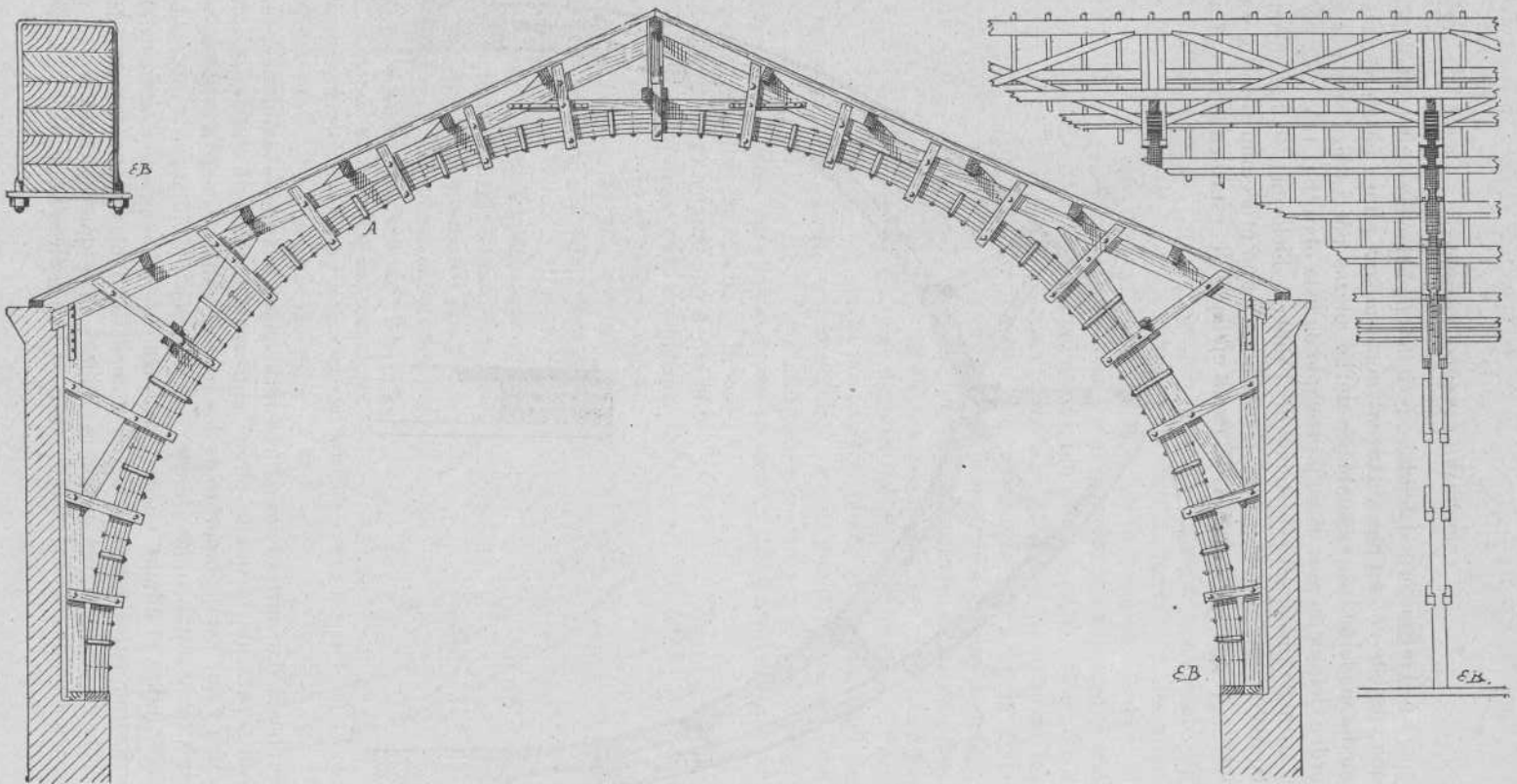
En el mismo orden de ideas, podemos mencionar el sistema Lacaze, que consiste en cerchas y correas de la misma altura ensambladas a media madera. Los ensamblajes de las piezas por cabeza son por el orden del que hemos dado al principio de esta obra (fig. 145).

Inspirándose en el sistema de Filiberto Delorme, se han hecho también cubiertas de tablas construídas según procedimientos ligeramente distintos. La figura 692 es un ejemplo de estas cubiertas. Las



Figs. 692 y 693. – Cubierta curvilínea y corte de una cercha.

cerchas distan entre sí dos metros aproximadamente y se mantienen con esta separación mediante piezas entrecruzadas. En el caso que nos ocupa y que está compuesto de dos arcos de radios y centros diferentes, estos arcos están unidos entre sí por tablas clavadas en cada cara, como indica el dibujo, y sobre las cuales se colocan las crucetas del arriostramiento longitudinal. El número de tablas que componen la cercha es de dos o tres, según la rigidez que se quiera obtener. Aquí hemos reunido tres espesores, según se indica en la figura 693.



Figs. 694 a 696. – Cubierta curva sistema Emy.

Otro sistema de estructura en arco se debe al coronel Emy. En este sistema, en lugar de ponerse de canto las tablas, como en los que hemos examinado, están colocadas de plano y curvadas, superpuestas unas a otras y mantenidas en su forma curva por pernos y estribos (figuras 694, 695 y 696).

Los arcos se componen de maderas de abeto de 5,5 × 13 ó de 3,7 × 11 y de la mayor longitud posible para disminuir el número de juntas; éstas deben, en todo caso, caer alternadas o trabadas. Estas tablas van colocadas unas sobre otras, como las hojas de un muelle de coche, y flexadas hasta tomar la forma del arco marcado por la montea. Para fijar las maderas en esta curvatura, se atornillan cada 80 cm., aproximadamente, mediante tornillos pasantes de 18 ó 20 mm. de diámetro y provistos de grandes arandelas para impedir que la cabeza del perno y su tuerca se impriman en la madera, perjudicando a la enérgica presión que es indispensable para impedir el deslizamiento relativo de las tablas. En cada intervalo entre pernos se encuentran, alternativamente, estribos de hierro que abrazan el haz de maderas y cepos que enlazan el arco a la estructura rectilínea. Los estribos son de hierro plano y las dos ramas laterales se terminan inferiormente por un vástago roscado; estos vástagos entran en dos orificios practicados en una pletina y se sujetan con tuercas para aumentar aún la solidaridad de las piezas de madera (fig. 695); los cepos y las caras laterales del arco están escopleadas hasta una profundidad de 1 cm., de forma que hay una ensambladura de 2 cm. que se opone también al deslizamiento de unas maderas sobre otras.

En una memoria relativa a un edificio de 20 metros de ancho (1), dice Emy: «Las jambas están separadas de los muros 10 cm., pero los tres primeros cepos de cada lado se prolongan más allá de aquéllas y penetran 20 cm. en huecos de 30 cm. de profundidad que se les deja en los muros. Esta disposición no tiene por objeto aprovechar la resistencia de la mampostería, porque la estructura de madera no produce empujes. Se trata solamente de mantener las cerchas en sus planos verticales y de impedir el balanceo en el sentido longitudinal del edificio.

»Entre cepo y cepo, ya que no se podía aumentar su número sin recargar inútilmente el peso propio de la estructura, hay zunchos de hierro y tornillos pasantes que sujetan las hojas del arco y se oponen a su deslizamiento. La experiencia ha demostrado que los pernos no cortan la fibra de la madera de una manera perjudicial.

»Los cepos, los zunchos y los pernos hacen, por decirlo así, solidarias unas de otras las hojas de un arco y se oponen con una gran fuerza a que se enderecen. En un arco de cinco hojas y de 20 metros de abertura, el desarrollo del extradós tiene 60 cm. más que el del

(1) Que es aproximadamente el ancho de nuestro ejemplo.

intradós; es imposible, por tanto, que vuelva a la línea recta. Al principio de su construcción, los carpinteros temían una distensión súbita cuando el arco quedase abandonado a sí mismo; pero varios experimentos hechos en Marac y en Libourne han probado que la tendencia de los arcos a enderezarse es muy pequeña. Arcos que se ensamblaron solamente con sus zunchos, sin cepos ni pernos, abandonados a sí mismos en el taller, no se han abierto más que 16 cm., es decir, 8 cm. en cada extremo. Un solo hombre impedía, sin esfuerzo, esta pequeña distensión. De donde se deduce que el empuje propio de un arco es casi nulo.

»En cada cercha y exteriormente al arco, se forman tres grandes triángulos con las jambas o montantes, los pares, los jabalcones y el cepo tirante. Su combinación con el arco y los cepos normales compone una red invariable que permite la flexibilidad de las maderas y el juego

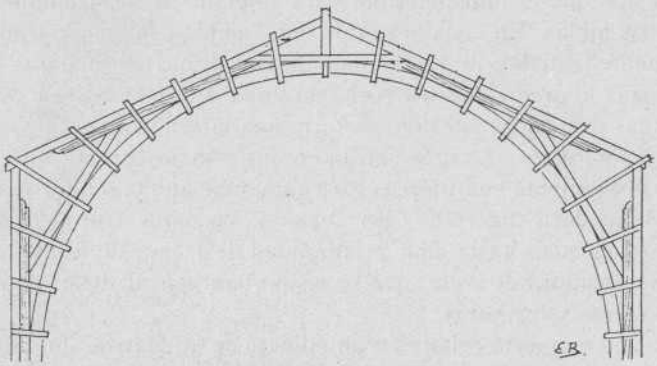


Fig. 697. — Cubierta curva.

de los ensamblajes; pero precisamente en este sistema es la rigidez o la tensión de resorte de los arcos lo que sobre todo produce la invariabilidad de la forma y destruye el empuje sobre los muros.»

A propósito de las juntas, dice: «Las juntas están distribuídas de forma que ninguna de las de una hoja se corresponda con otra junta de una hoja del mismo arco y que todas vayan cubiertas por los cepos normales. Cada hoja no puede tener más que tres juntas; lo más corriente es que sólo tenga dos. De esta forma, no puede haber más que diez o doce de estas juntas en un arco. Todas las piezas de las cerchas tienen 13 cm., como el arco y los pares, excepto las jambas, cuyo espesor se hace de 20 cm.

»Las cerchas van mantenidas a la distancia de 3 metros entre ejes, por cepos-costillas que abrazan los cepos normales, por la cumbrera, por los cepos que corren bajo la cumbrera y, por último, por las correas.» La figura 696 muestra la vista lateral.

Debemos añadir que en este sistema se emplean también cepos paralelos colocados verticalmente.

Por último, en ciertos casos, es necesario reforzar las jambas y los pares. Este refuerzo se hace doblando estas piezas, como indicamos en el esquema de la cercha figura 697.

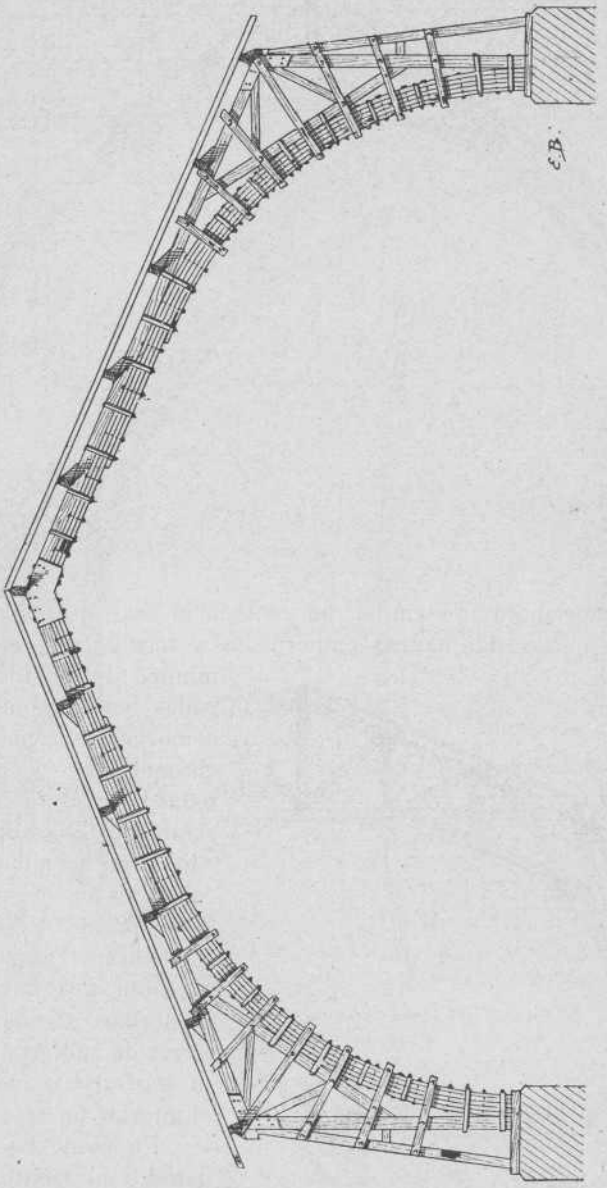


Fig. 698. — Cubierta curva.

Al dibujar la cubierta que precede, hemos pensado que este sistema podría aplicarse a una cercha en arco de una forma semejante a la de metal construída para la galería de máquinas de la Exposición

de 1900, y hemos dibujado el pequeño proyecto que damos en la figura 698, que puede servir de punto de partida para un estudio más serio.

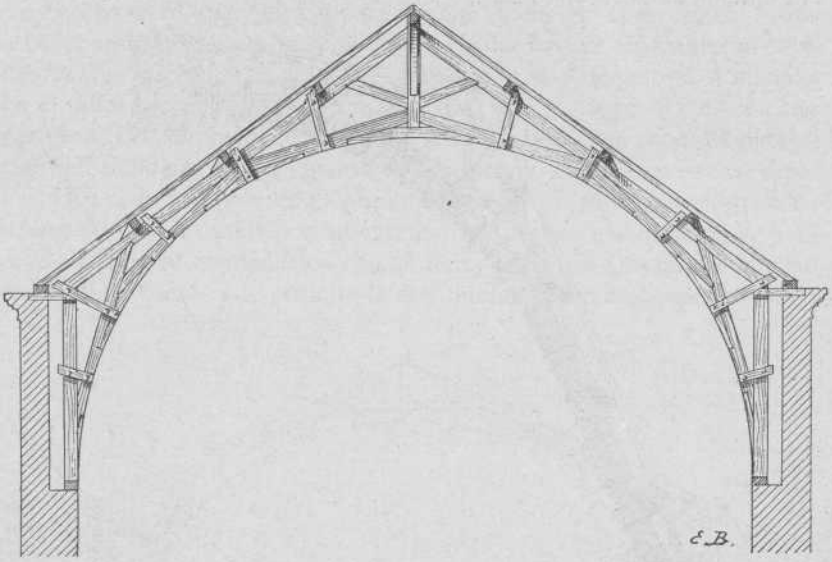


Fig. 699. — Cubierta curva.

Veamos ahora un ejemplo (fig. 699) en el cual el arco está compuesto de piezas de madera empernadas y trianguladas para dar el mínimo de empuje y encepadas normalmente al arco como en las armaduras del coronel Emy. Como se ve, todas las maderas se han ensamblado a barbilla y están sujetas por tornillos pasantes colocados en el eje vertical de las piezas.

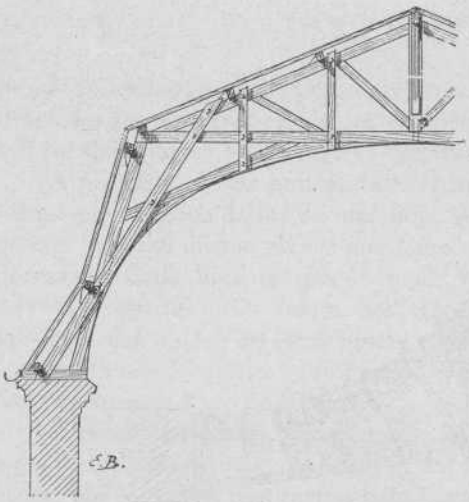
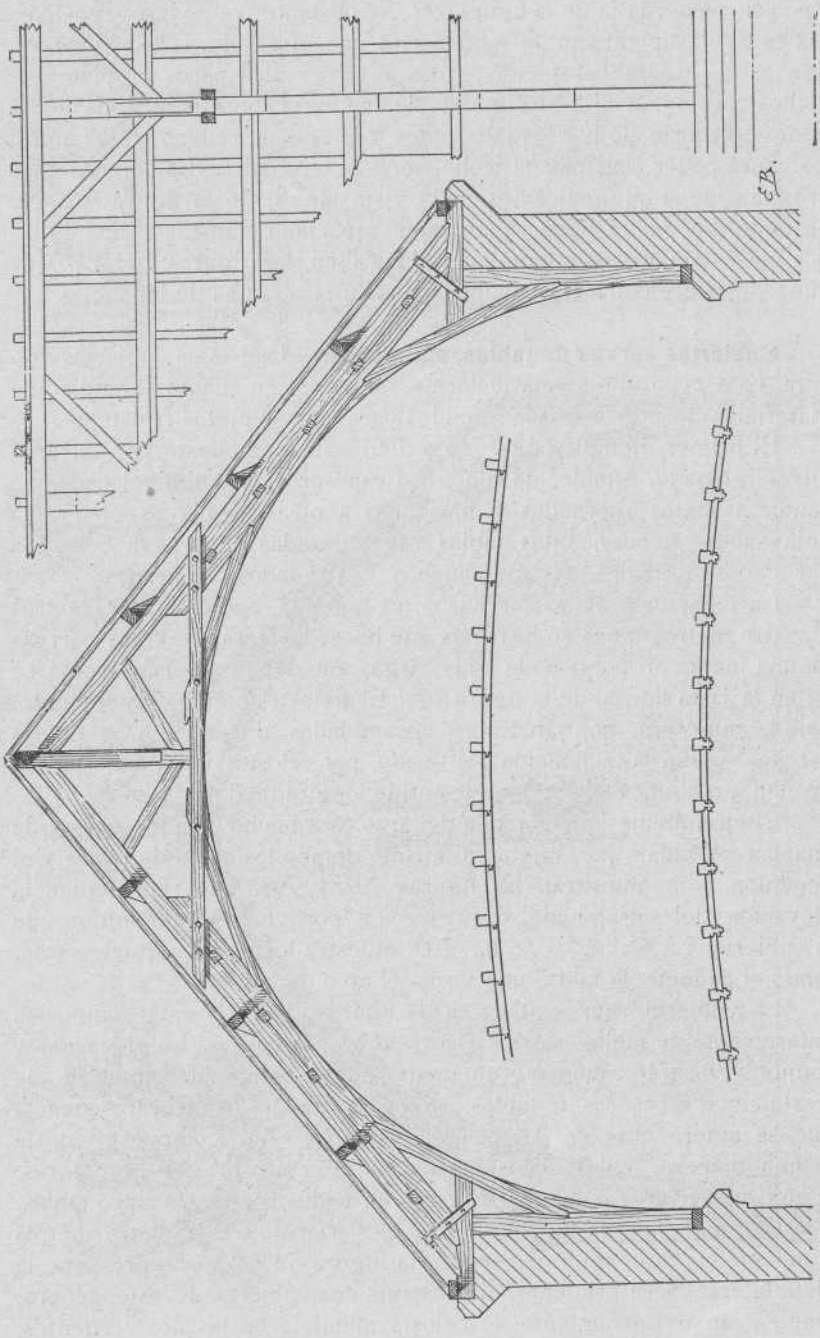


Fig. 700. — Cubierta curva.

Nuestra figura 700 representa una cubierta que recuerda exteriormente la forma de cubierta llamada *a la Mansard* y que forma en el interior un arco carpanel.

Fuera de los esfuerzos debidos al viento, esta cubierta ejerce poco empuje sobre los muros, por ser la jamba casi vertical; además, la forma misma facilita una triangulación apropiada para hacerla muy rígida.



Figs. 701 a 704. — Cubierta curva.

Veamos todavía (figs. 701 a 704) otra cubierta curvilínea cuya disposición recuerda la de la figura 699. No obstante, ya no hay cepos normales y el suplemento de solidez está encomendado a los *subpares,* que están ensamblados con pernos y llaves a los pares propiamente dichos para evitar el deslizamiento de una pieza sobre la otra. El medio punto está formado por los jabalcones y piezas de relleno en los ángulos. Para poder construir el techo, sería preciso situar las cerchas más próximas de lo que indicamos en la vista lateral de la figura 702. No obstante, se puede llegar a un buen espaciado empleando una de las dos clases de revestimiento que damos en las figuras 703 y 704 y que consiste en armar con una nervadura cada una de las tablas.

Cubiertas curvas de tablas, sin techos. — Con estas cubiertas volvemos un poco al sistema Delorme, al menos en cuanto al empleo de materiales de poco espesor reunidos para formar piezas resistentes.

El primer ejemplo (figs. 705 a 709) está compuesto por un arco ojival rebajado, establecido con cinco espesores de tablas colocadas de canto, a juntas alternadas y fijas unas a otras por clavos sobre cada hoja sucesivamente; estas tablas van enlazadas al par y a la jamba por cepos normales bastante anchos y apretados con pernos.

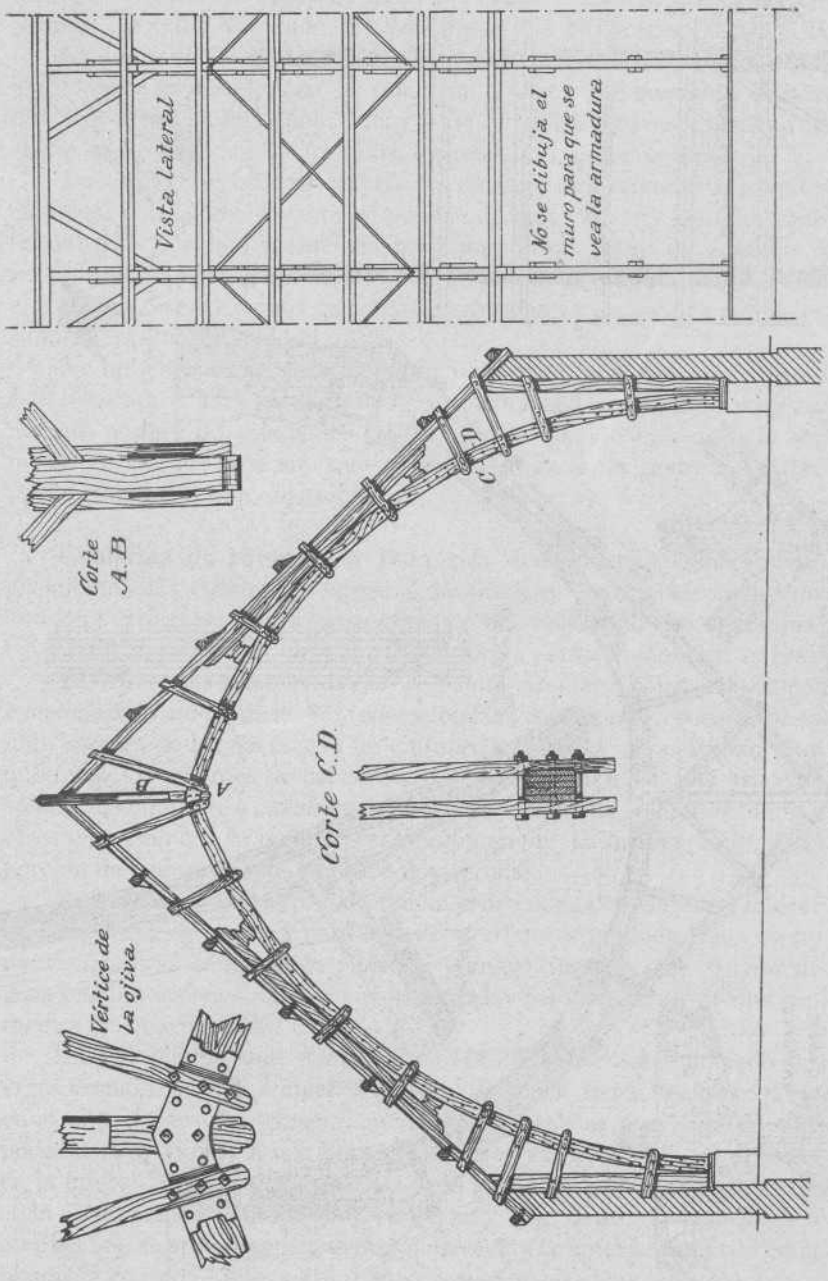
La separación de las cerchas no es limitada, pudiendo ser de tres o cuatro metros, pues no hay más que hacer las cerchas y las correas de una fuerza proporcionada a las cargas que deben soportar, como se ve en la vista lateral de la figura 706. El arriostramiento está obtenido, bajo la cumbrera, por jabalcones ensamblados al pendolón, y en las cerchas, según la inclinación del tejado, por celosías metálicas que se oponen a todo movimiento en el sentido longitudinal.

El ensamblaje en el vértice del arco está hecho con dos placas de chapa recortada, que sujetan al mismo tiempo los arcos de tablas y el pendolón, como muestran las figuras 707 y 708, que representan la elevación del ensamblaje y su sección por *A B,* del conjuuto de la cubierta. La sección *C D* (fig. 709) muestra los cepos normales sujetando el paquete de tablas que forma el arco.

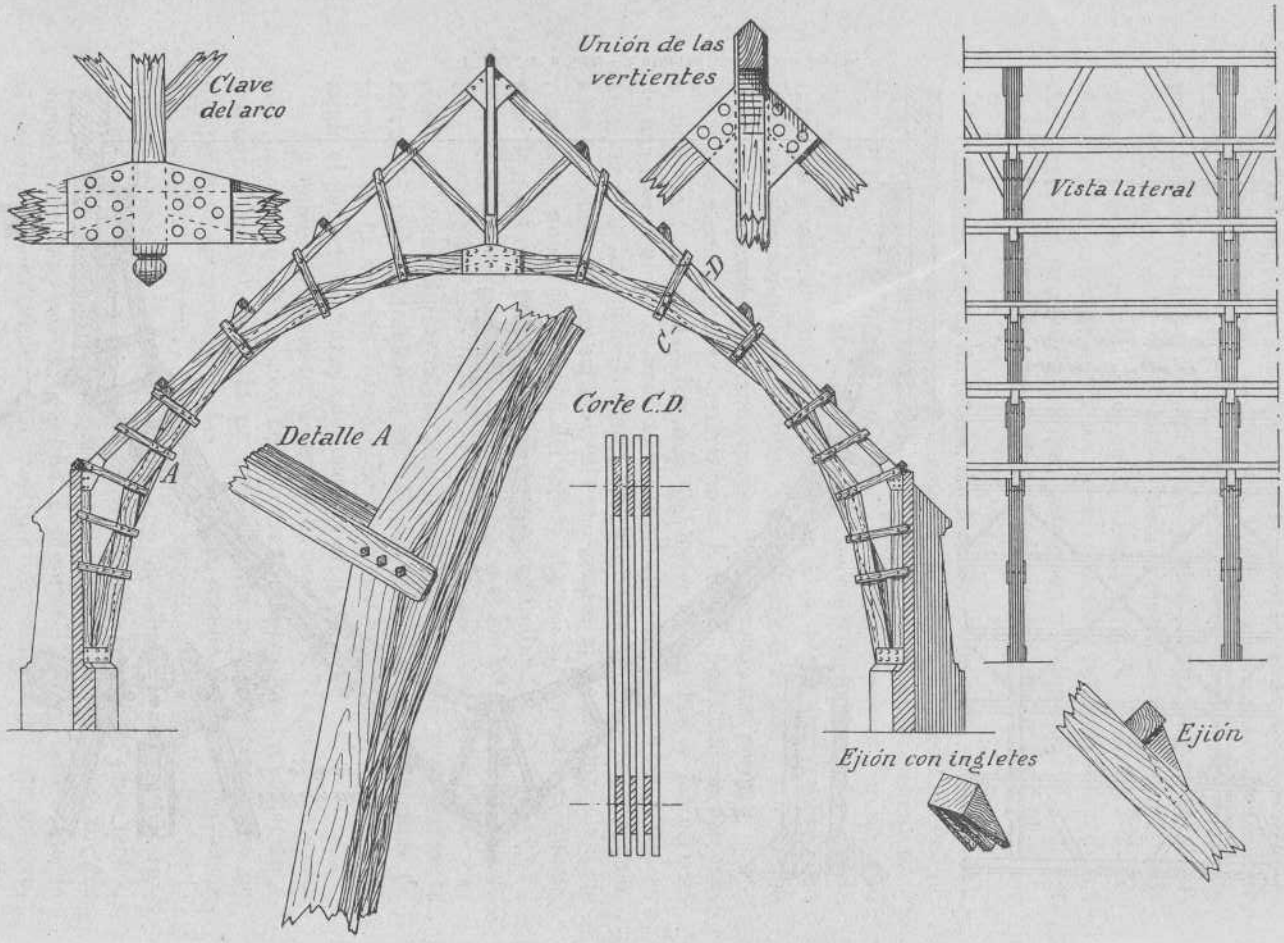
La cubierta representada en las figuras 710 a 717 está compuesta enteramente de tablas, salvo las correas, por supuesto. La elevación y conjunto (fig. 710) muestra un medio punto poligonal compuesto de tres o cinco espesores de tablas, según la menor o mayor resistencia que se quiera obtener. Los pares y jambas están compuestos de la misma manera, y los cepos normales, de cinco o siete espesores, según que el arco y los pares estén formados por tres o cinco tablas.

La separación de las cerchas puede variar de tres a cuatro metros como en el caso anterior, según la figura 711, que representa la vista lateral. Será prudente, al construir una cubierta de este género, emplear un arriostramiento de celosía metálica en las dos vertientes.

Las ensambladuras están hechas aquí por placas en la base, en los



Figs. 705 a 709. — Cubierta curva sin techo.



Figs. 710 a 717. – Cubierta curvilínea sin techo.

ángulos y en los vértices; se ven estos detalles en las figuras 712 y 713, que son el vértice de la cubierta y el vértice del arco. La figura 714 (detalle *A)* indica la unión de los cepos, y la 715 la sección por *C D*.

Dados los huecos que existen entre las placas, se ha tenido que dar al *ejión* una forma especial; se practican en los pares pequeños embarbillados, y en el ejión (figs. 716 y 717) se dejan dos espigas que se alojan en los espacios vacíos entre las tablas, fijándose con clavijas.

Buscando la economía, se procura muchas veces conseguir grandes cubiertas con la menor cantidad posible de materiales, y las soluciones encontradas son con frecuencia muy ingeniosas; pero se advierte a veces que lo que se gana en material se pierde en mano de obra, que el trabajo presenta menos garantías de duración y de solidez y que, en suma, no se ha reducido el gasto.

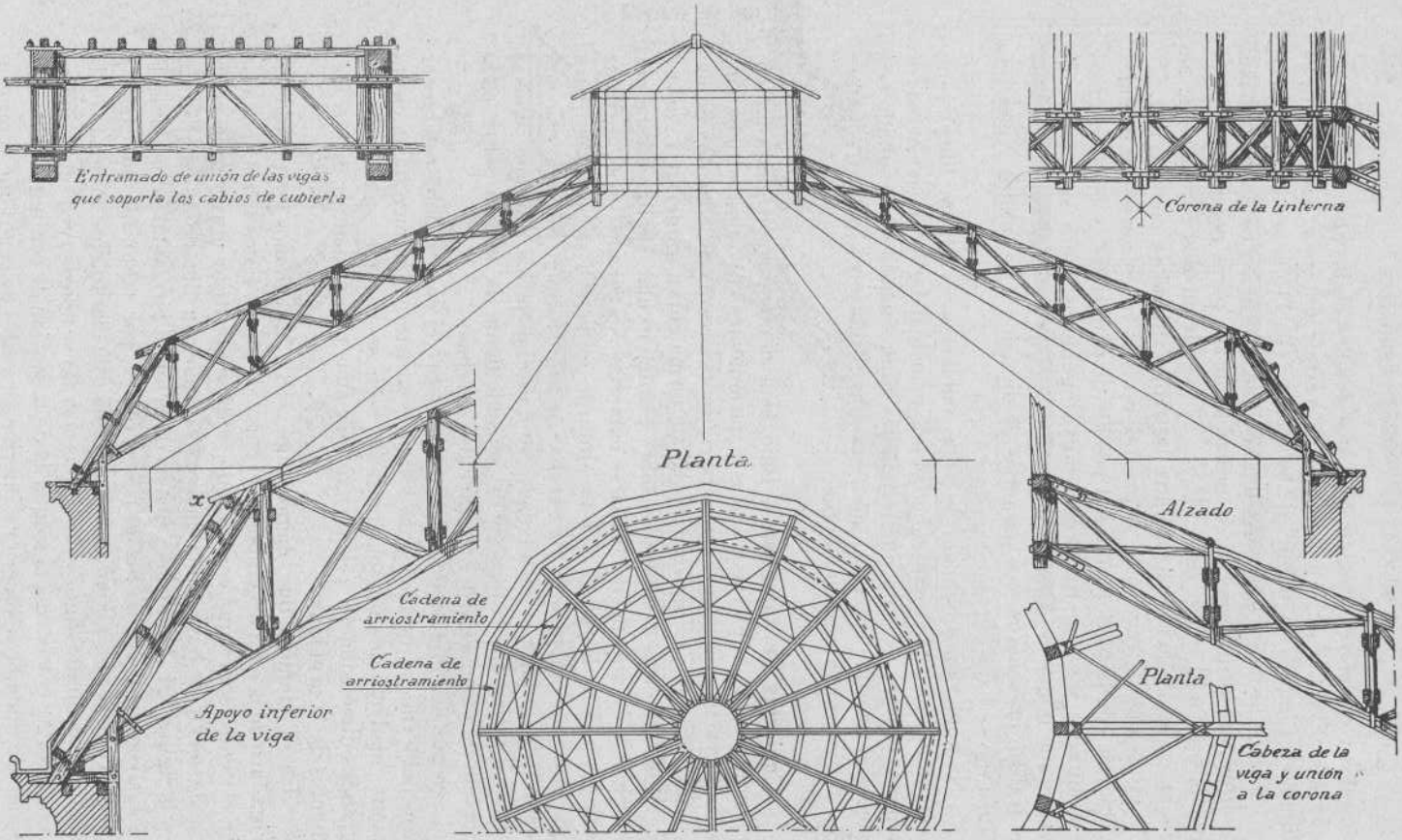
No hubiéramos hablado de estas cubiertas, si en un libro como éste no nos propusiéramos como objeto principal dar a conocer el mayor número posible de soluciones halladas, aun cuando el resultado sea mediocre, porque creemos que estas investigaciones podrán siempre dar nacimiento a una idea mejor.

Cubiertas de rotondas. — Bajo esta denominación general comprendemos las cubiertas cónicas o piramidales cuyo tejado tiene una sección vertical rectilínea (generatriz recta), reservando las denominaciones de *domo* y *cúpula* para las de forma curva (generatriz curva).

Las cubiertas establecidas sobre planta circular o poligonal son por excelencia lo que puede llamarse cubiertas sin tirante, porque basta unir los pies de los pares con un cinturón en forma de polígono para que todos los empujes de las cerchas se transformen en una tracción sobre este cinturón o encadenado, equilibrándose los empujes unos a otros en forma que la tensión es sensiblemente la misma sobre cada porción de cadena existente entre dos cerchas.

Según sea el diámetro del edificio sobre el cual se deba establecer una cubierta, se emplea para los pares (aristeros también hasta cierto punto) maderas de una sola pieza, o bien se recurre, en el caso de grandes dimensiones, a las vigas armadas para constituir dichos elementos de la armadura.

En el ejemplo que damos (figs. 718 a 724) hemos empleado las vigas armadas para desempeñar el papel de pares. Estos van a apoyarse en el centro sobre una corona, que se debe construir muy rígida y que puede servir de base a una linterna. Damos un detalle de esta corona en la figura 721. Una consecuencia de la forma piramidal de la cubierta es la disminución de la luz de las correas y, por tanto, de su carga a medida que se aproximan al centro, como está claramente indicado en la planta de conjunto, figura 719. Estas correas se construyen según indica la figura 720, colocada a la izquierda de la sección de conjunto, y se componen de miembros superior e inferior formados de cepos que compren-



Figs. 718 a 724. – Cubierta de rotonda con linterna.

den los montantes y las riostras escopleados para su ensambladura. Para alcanzar la altura de los cabios, se hace continuar más allá de los cepos a los montantes verticales y se coronan con una pieza destinada a soportar aquéllos, que son paralelos.

Un peligro que hay que temer en estas cubiertas, a pesar de la multiplicidad de ensamblajes que concurren a la solidez del conjunto, es un movimiento de torsión, como si, por ejemplo, la linterna girase sobre su eje. Para impedir esta torsión se ha previsto el arriostramiento metálico indicado en la planta (fig. 719).

El detalle del vértice de la cubierta está indicado en alzado y en planta en las figuras 722 y 723.

La solidez de una cubierta de este sistema reside, sobre todo, en la corona de cadenas que tienen por objeto neutralizar los empujes hacia el exterior. Para conseguir este resultado, se encadena como representamos en el detalle del pie de la armadura (fig. 724), colocando un primer cinturón en *x* y un segundo, más fuerte, en *y;* estos dos cinturones van figurados de línea de trazos en el dibujo que representa la planta. La figura 725 da uno de los lados de la pirámide truncada que forma la cubierta.

Cubiertas esféricas. — La bóveda esférica, ya sea de fábrica, de carpintería de madera o formada por una obra metálica, toma el nombre de *cúpula*. Esta denominación se aplica también a cubiertas curvilíneas elevadas sobre planta cuadrada o poligonal.

Lo que hemos dicho a propósito del cinturón de encadena o de nuestro ejemplo anterior se aplica también

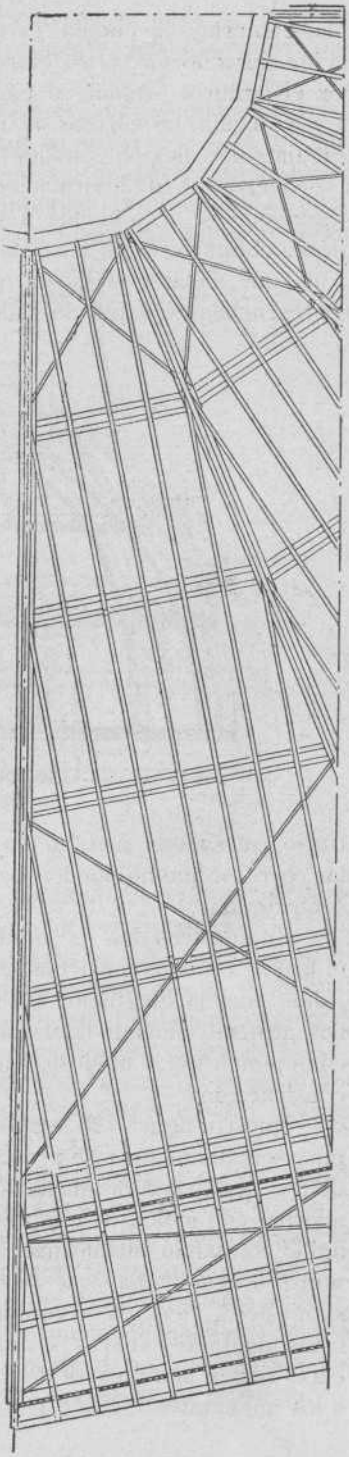


Fig. 725.— Detalle de la planta.

a las cubiertas en cúpula, es decir, que aquí el tirante es completamente desconocido y los empujes, si se producen, quedan anulados por el cinturón situado al pie de los pares. Más aún, en una cubierta de esta forma, las correas, al mismo tiempo que soportan la cubierta y trabajan por flexión, pueden también mantener la rigidez del arco y oponerse a su deformación, resultando tendidas o comprimidas según que el arco tienda a salir o a entrar: si la lumbrera descendiese, obligaría a los pares a encorvarse, pero para encorvarse tendrían que alejarse del centro, y entonces tirarían de la correa que representaría el papel de cadena y resultaría tensada; si, por el contrario, se supone una fuerza exterior que tienda a enderezar el par, las correas, que no pueden acortarse, se opondrán a ello y resultarán comprimidas.

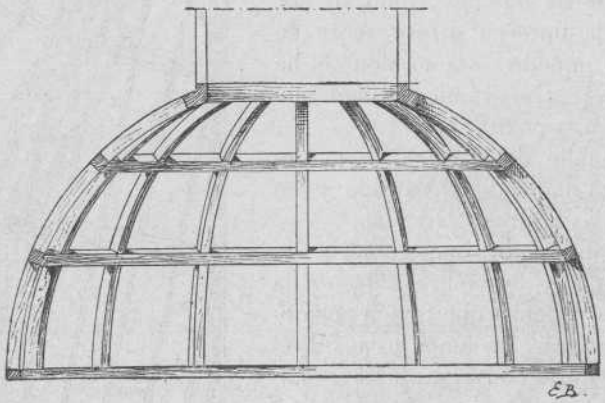


Fig. 726. — Cubierta esférica.

En nuestros días no se hacen ya cúpulas de madera, por presentar el hierro ventajas incalculables en cuanto a solidez y duración, explicando éstas la sustitución del hierro al material madera. Por esta razón nos abstendremos de hablar aquí de grandes cúpulas, contentándonos con ejemplos más modestos que den una idea suficiente de la forma de construcción.

Nuestra figura 726 representa una cúpula que puede construirse muy sencillamente y se presta a una ornamentación fácil, puesto que da por su estructura misma una disposición en cajones que será fácil adornar con molduras y tablas. Su construcción es sencilla: un primer anillo formando plataforma o solera reposa sobre la coronación del muro; después, una serie de montantes curvados según el radio de la semiesfera, vienen a ensamblarse sobre la solera a caja y espiga; sobre estos montantes curvos se coloca luego una corona horizontal cuyas caras tienen la dirección de los radios de la esfera, y que se ensambla a los montantes citados por el mismo procedimiento; otra serie de

montantes viene a colocarse sobre esta corona, se unen sus cabezas mediante la corona siguiente y así sucesivamente, hasta la corona que lleva la linterna.

Para el trazado de estas cubiertas, es preciso preocuparse no tanto del efecto geometral que pueda presentar un proyecto, sino del que producirá el domo ejecutado cuando sea visto en perspectiva. De la misma manera que se está obligado a aumentar la altura de la cumbrera en las cubiertas ordinarias por consideración del sitio desde

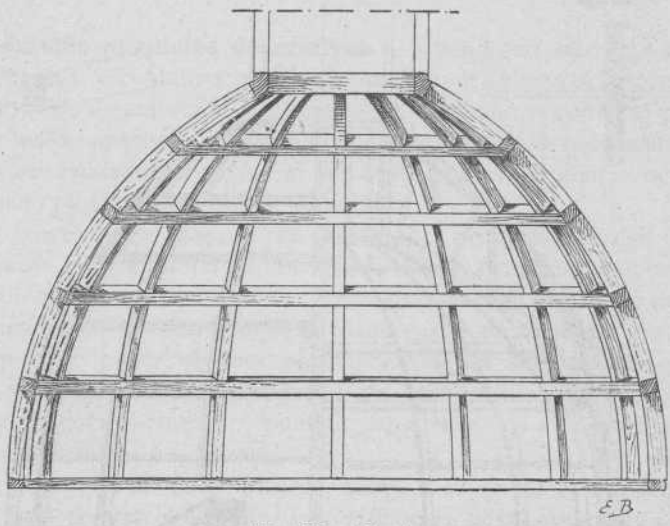


Fig. 727. — Cúpula.

donde podrá ser vista por el espectador, así también será preciso darse cuenta del efecto que producirá un domo, una vez ejecutado.

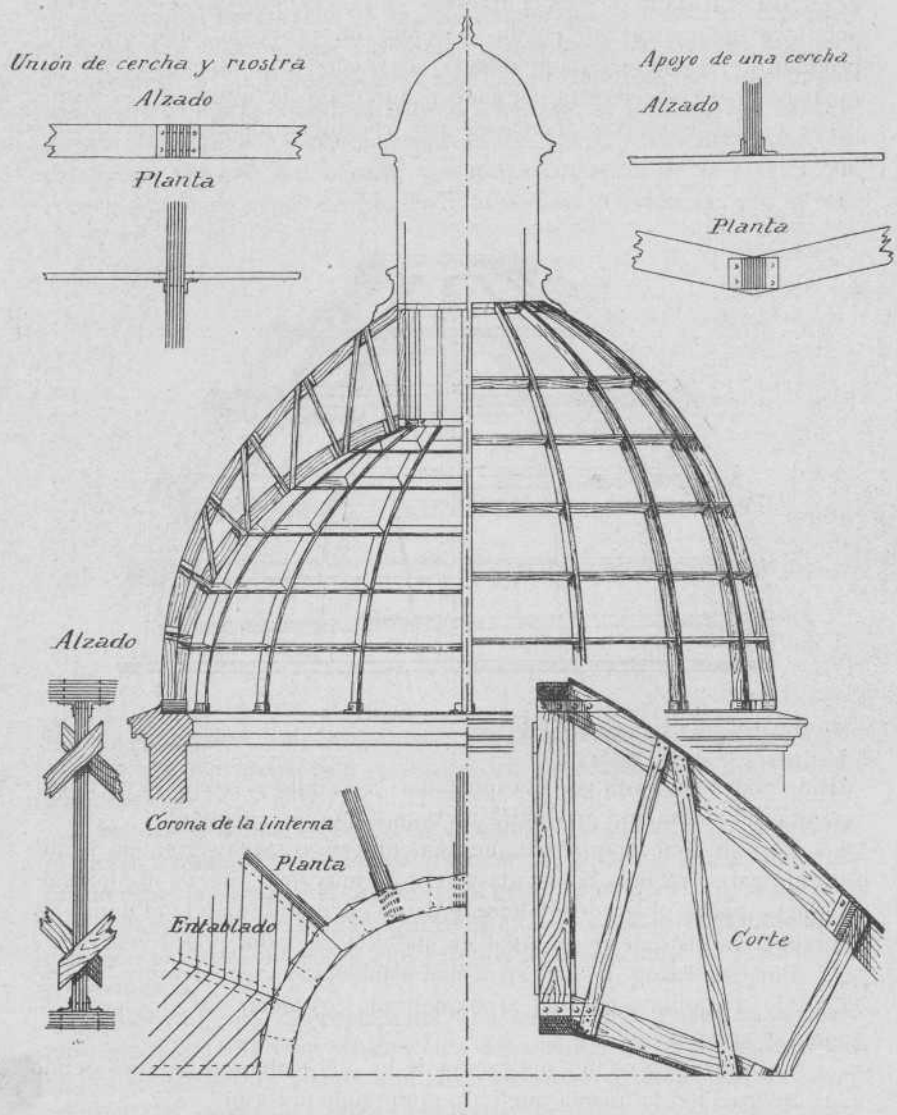
Pero es fácil imaginarse que una cubierta trazada según un semicírculo parecerá muy aplastada y será de muy mal efecto, de lo cual, además, podrá el lector fácilmente darse cuenta dibujando el domo en perspectiva visto desde el lugar en que el espectador podrá verlo.

Por esta razón, los maestros han establecido casi siempre el trazado de la cúpula según un arco quebrado, es decir, de dos centros, como el arco en ojiva.

La figura 727 es una aplicación de lo que acabamos de ver, siendo su construcción la misma que para el ejemplo anterior.

Acabamos de decir que hay que tener en cuenta el efecto que producirá la cubierta en perspectiva, pero es preciso también pensar en el aspecto interior cuando la cúpula no se presenta bajo el mismo ángulo a la vista del espectador, y tener en cuenta asimismo la luz, hacer resaltar el decorado y atender a todas las causas particulares que en cada caso pueden tener una influencia sobre la forma que se ha de proyectar.

Para atender a esta necesidad, se ha ideado formar la cubierta con dos cúpulas de diferentes radios, la interior de medio punto, general-



Figs. 728 a 735. – Cubierta de doble cúpula.

mente, y la exterior de un radio sensiblemente mayor, en arco quebrado.

Damos un ejemplo de esta disposición en las figuras 728 a 735. Esta cubierta está constituída de tablas como las cubiertas de las figu-

ras 705 y 710, descritas anteriormente; pero se puede construir igualmente en madera de carpintería gruesa procediendo como hemos indicado en numerosos casos.

El conjunto (fig. 728) muestra a la izquierda un corte vertical y a la derecha una elevación; la figura 729 da un fragmento de planta sobre el cual hemos indicado el entablado colocado oblicuamente para poder alcanzar mejor la curvatura necesaria.

Las otras figuras, 730 a 735, hacen ver la forma de construcción de las diferentes partes de la cubierta.

Cubiertas aparentes decorativas. — Cuando un local importante, un gran salón, o cualquier otro lugar que por su destino debe presentar cierto aspecto de selección y elegancia, no se halla recubierto por un techo y queda aparente la carpintería de la cubierta, es necesario tratar ésta con un cuidado mayor que si fuera una cubierta ordinaria, oculta, a la que sólo puede exigirse que sea sólida.

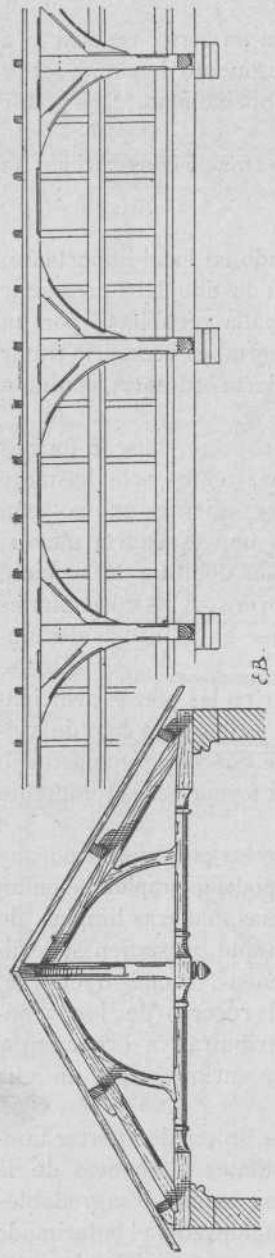
Es preciso, ante todo, en el estudio del proyecto, buscar formas de conjunto que, sin dejar de ser racionales y resistentes, sean bastante agradables a la vista; en seguida, evitar todos los salientes que no sean aptos para la decoración, emplear maderas de una escuadría mayor, con objeto de poder obtener piezas curvas sin debilitar la sección, como, por ejemplo, los jabalcones de cumbrera y los tornapuntas que, con un poco de ingenio, pueden convertirse en ménsulas decorativas, sin perder su función útil.

En principio, deben emplearse, sobre todo en las piezas principales que caracterizan el sistema, las verdaderas formas que han de asegurar la estabilidad y el equilibrio y no hay que buscar ningún artificio que falsee la verdad, expresión suprema de la forma verdaderamente bella.

Es preciso también, naturalmente, escoger los materiales, porque los hay que, sin comprometer la seguridad, no podrían emplearse en un trabajo destinado a quedar aparente; son precisas maderas limpias, de aristas vivas, sin defectos, acepilladas de forma que presenten superficies lisas y regulares. Aparte las grandes líneas, rectas o curvas, que pueden hacerse decorativas, se tiene el recurso de los achaflanados, molduras, calados y tablas que contribuirán a ornamentar ciertos puntos del conjunto, como una alhaja se enriquece por un feliz acabado.

Además de las cerchas propiamente dichas, se puede aportar también a la decoración el concurso de los restantes elementos de la cubierta: las correas y los cabios pueden hacerse menos desagradables a la vista, achaflanándolos y dándoles un perfil moldurado; el entarimado o entablado, de simple o doble espesor según los casos, debe hacerse de tablas machihembradas, con cubrejuntas, y hasta llevar éstos molduradas. Por último, este entablado puede sustituirse por paneles ensam-

blados de ebanistería, con tablas y marcos moldurados, que formarían cajones de artesonado en cada superficie comprendida entre dos cabios y dos correas.



Figs. 736 y 737. — Cubierta aparente.

El color natural de la madera, sus vetas, que producen a veces agradables meandros, pueden hacerse resaltar aplicando un barniz transparente que les dará un máximo efecto decorativo. La pintura, por último, puede emplearse también como un importante recurso de ornamentación.

En las figuras 736 y 737 damos un ejemplo muy sencillo compuesto de dos pares y un tirante. Se han añadido dos puntales o pilarejos ensamblados a los pares y al tirante y formando un arco.

«Durante el período romano, dice Viollet-le-Duc, los arquitectos estaban preocupados con la idea de cerrar las naves en bóveda; cuando no pudieron hacerlo, a falta de recursos suficientes, procuraron dar a su carpintería, en el interior, el aspecto más parecido... Este ejemplo demuestra que entonces los carpinteros no se daban cuenta exacta de la función del tirante, que debe ser únicamente impedir la separación de los pares, pero sin soportar ninguna carga.» Esto es muy cierto, pero también se pueden conservar los pilarejos que forman el arco, aunque reservándoles únicamente su función decorativa, en la reminiscencia de la bóveda. Basta para esto escoger para los pares maderas de escuadría suficiente para soportar la correa, más la pequeña carga del pilarejo.

La ornamentación de la cercha se ha obtenido por molduras y chaflanes. La figura 737, que es una sección por el eje longitudinal, nos muestra los jabalcones o tornapuntas de cumbrera, que afectan la forma curva por una de sus caras, ocasionando una pérdida de madera bastante sensible.

Otra cubierta, inspirada también en un dibujo de Viollet-le-Duc, se halla representada en la figura 738, en la que el par está consolidado

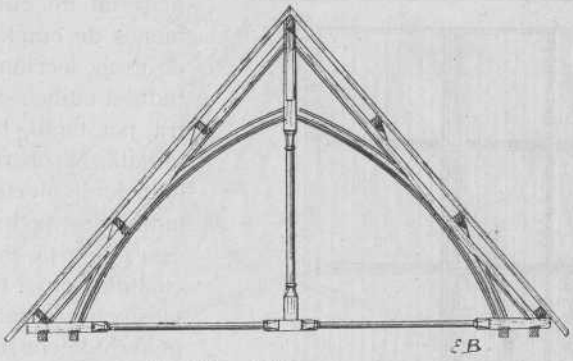


Fig. 738. — Cubierta aparente.

por un arco apoyado sobre el muro y que se ensambla al pendolón. Todas las piezas están molduradas.

La figura 739 da una cubierta bastante decorativa, pero que no parece recomendable desde el punto de vista de la solidez. En efecto, para impedir la separación de los pares, apenas se puede contar más que con la porción de arco comprendido entre las dos correas superiores y que forma tirante. Este tirante, a tal altura, produce una fatiga considerable en los pares, que deben ser de una

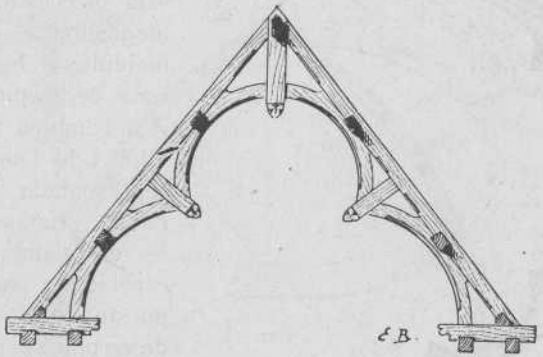
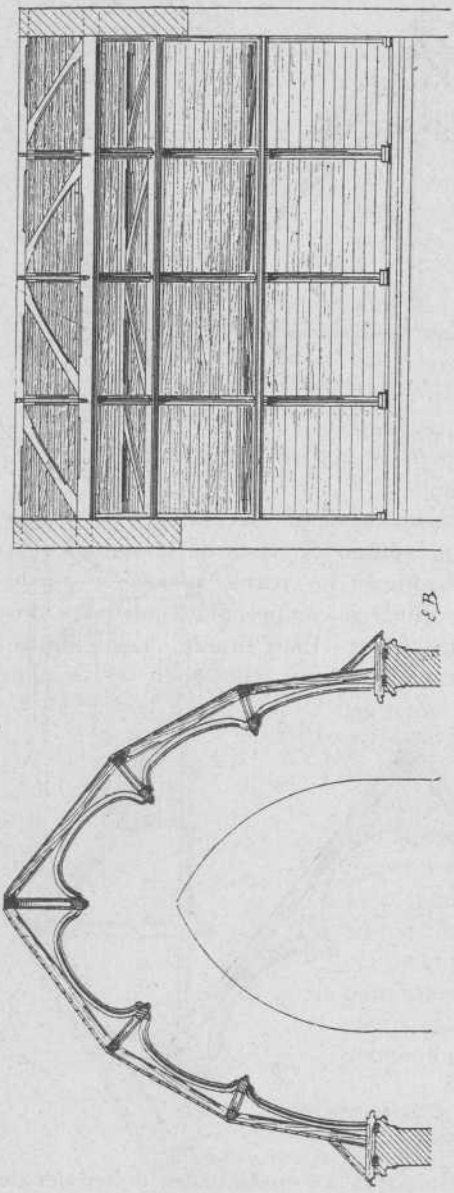


Fig. 739. — Cubierta aparente.

escuadría muy fuerte, y, por otra parte, los ensamblajes deben ser de extraordinaria resistencia, para la porción de arco que hace oficio de tirante.

La ornamentación consiste en chaflanes, calados y algunos motivos de talla.

En la cubierta representada en las figuras 740 y 741 no tenemos cerchas, sino que las correas tendidas de piñón a piñón soportan la armadura secundaria y el material de cubierta. A menos de emplear correas de gran sección, la longitud del edificio se encuentra, por tanto, bastante limitada. No obstante, en un edificio de cierta longitud, también se podría emplear esta cubierta, intercalando cuchillos cuya forma estuviese en armonía con este género de construcción.



Figs. 740 y 741. — Cubierta aparente.

Las correas, que están compuestas, como indicamos en la figura 741, de cordones superior e inferior, montantes verticales y tornapuntas, son normales al arco inscrito en el polígono formado por los cabios. Entre correa y correa hay pequeñas arcadas molduradas que mantienen esta dirección. La ornamentación se obtiene por molduras y ligeras curvaturas de las piezas.

También tomamos de Viollet-le-Duc la cercha representada en la figura 742. «Esta armadura no es, en realidad, sino una especie de cartabón compuesto de diversas piezas de carpintería gruesa, cuyo conjunto forma por ensamblaje un triángulo rígido. Las maderas tienen mucha altura y poca sección y se mantienen unidas por fuertes lengüetas o prisioneros embebidos en su espesor. Se observará que las correas están aliviadas por jabalcones o riostras curvas, que soportan además los cabios e impiden el movi-

miento de toda la cubierta en sentido longitudinal. Preciso es confesar que este sistema exigía el empleo de maderas enormes en comparación con el resultado obtenido: era pagar demasiado cara la supresión

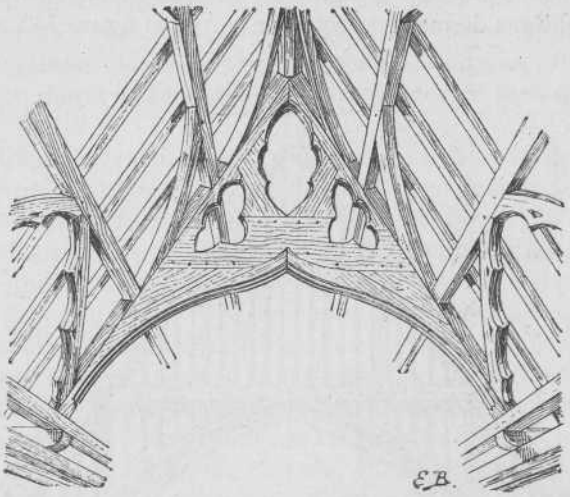
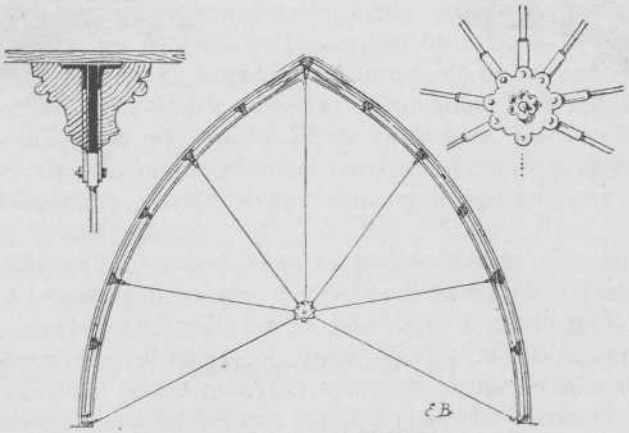


Fig. 742. — Cubierta aparente.

de los tirantes. Esta cercha, no obstante, sólo tiene una luz muy pequeña y este medio no podría emplearse en estructuras destinadas a cubrir anchas naves.»



Figs. 743 a 745. — Cubierta aparente.

Veamos ahora una pequeña cubierta mixta, de madera y hierro (figuras 743 a 745), en la cual incumbe al metal toda la resistencia, no interviniendo la madera más que como revestimiento y ornamentación.

Los cuchillos se componen de dos arcos de hierro plano armado de hierros angulares en su parte superior y mantenidos por un sistema de tirantes radiales, reunidos en sus extremos por chapas recortadas como muestra la figura 744. Estas cerchas están guarnecidas de molduras de madera, como se ve en la figura 745, y en éstas

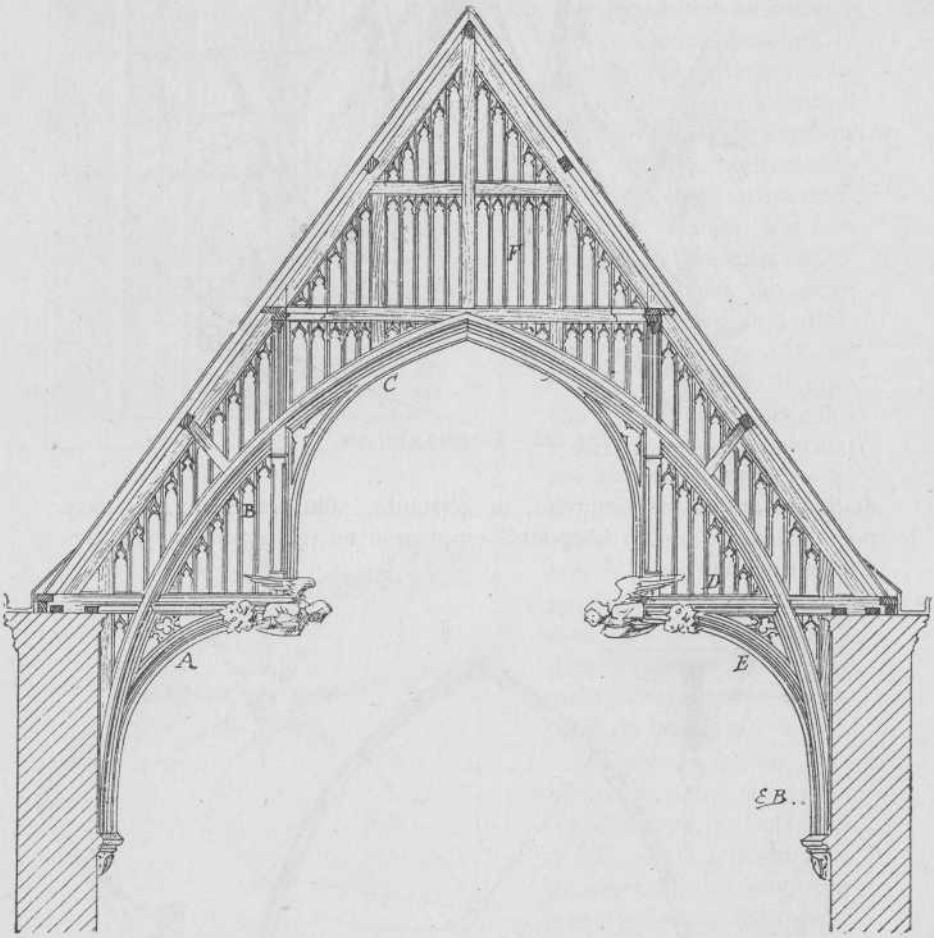


Fig. 746. — Cubierta aparente.

vienen a ensamblarse a inglete las pequeñas correas que sostendrán el enlatado.

La hermosa obra de carpintería que representamos en la figura 746 cubre la gran nave de la abadía de Westminster, cuyo ancho es de 21 metros. Los muros tienen 2,20 m. de espesor. Los pares tienen unos 17 metros de largo.

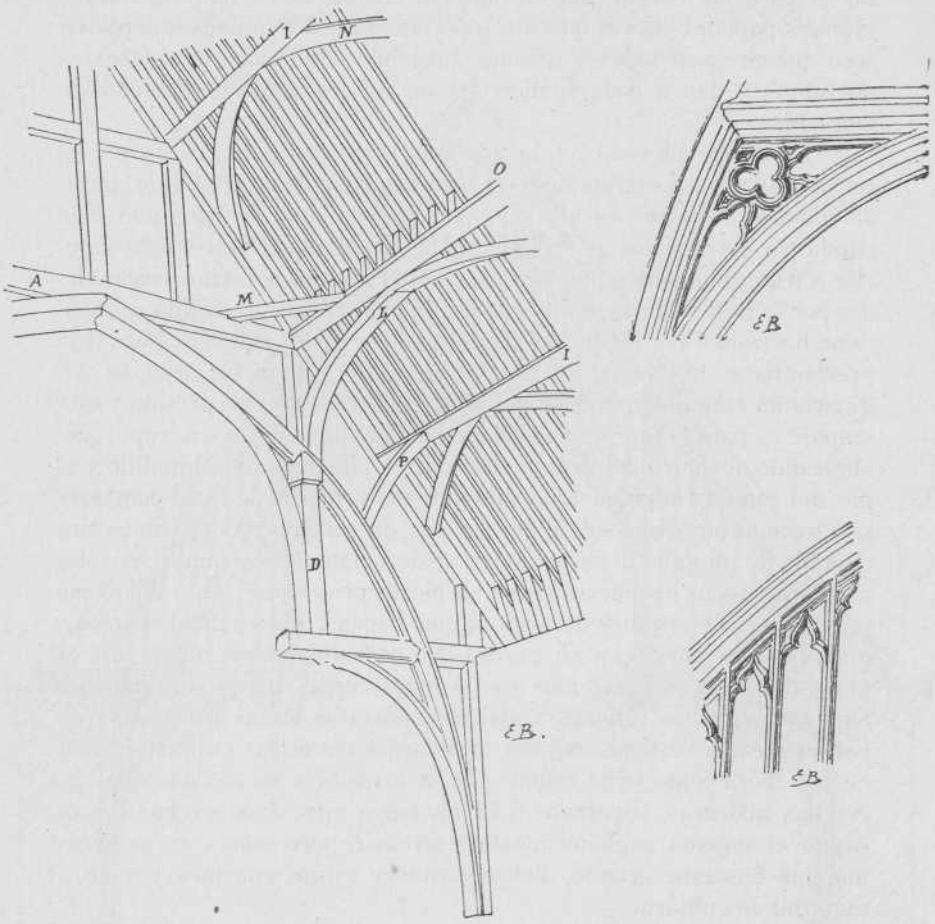
Dejemos nuevamente la palabra al maestro Viollet-le-Duc: «No tiene tirantes, sino grandes nudillos de madera salientes, soportados por puntales y soportando a su vez las piezas curvas que van a ensamblarse en la base del falso pendolón. Pero en Westminster, para enlazar la parte de carpintería elevada por encima de los nudillos con los grandes puntales curvos que los soportan, hay dos inmensos cepos en arco que prensan todo el sistema, haciendo solidarios sus diferentes miembros y dan a cada semicercha la rigidez y homogeneidad de una tabla.

»El tirante elevado es de una sola pieza; es más grueso por el centro que por las extremidades y forma la base de un triángulo, impidiendo a éste abrirse; es una cercha completa, que se hace aun más rígida por los arquitos de relleno que la ornamentan. Esta cercha superior o triángulo homogéneo se apoya sobre los pies derechos ensamblados por su base a la extremidad del nudillo. Este mismo nudillo se mantiene horizontal por medio del puntal curvo y de los rellenos. Pero si la presión fuese muy fuerte en la extremidad libre de dicha pieza, se originaría un empuje en la base del puntal. Para evitar esta presión y este empuje es para lo que se han ideado las grandes curvas en cepo que, abrazando el centro del tirante elevado, el pie derecho, el nudillo y el pie del puntal, impiden todo movimiento y hacen de estos compartimentos inferiores una sola y única pieza de carpintería, que no es susceptible de ninguna deformación ni dislocación. Observemos, no obstante, que todos los huecos entre las piezas principales están llenos por un enrejado de arquitos de madera que hacen rígido todo el sistema y mantienen las curvas en su pureza. No podría ejercerse un empuje en el pie del jabalcón curvo más que si estos cepos curvos se cimbrasen bajo la carga; los rellenos verticales son otras tantas ordenadas que, por su presión vertical, impiden la deformación de las curvas. Examinemos ahora cómo se ha establecido la armadura secundaria entre las cerchas maestras, separadas 5,75 m. entre ejes. Las cerchas llevan, según el sistema anglonormando, correas *I;* pero estas correas tienen una luz bastante grande; deben sostener cabios enormes y todo el material de cubierta.

»La figura 747 ofrece la vista en perspectiva de un tramo, que nos ahorrará largas explicaciones. Sobre la cabeza del pie derecho *D* va la correa principal *O,* aliviada por los jabalcones *L* y rellenos de arquitos. La pequeña pieza *M* enlaza el tirante elevado *A* con la correa. Esta correa principal está doblada por una pieza formando saliente sobre la que se ensamblan pilarejos que impiden el deslizamiento de los cabios colocados encima de las buhardillas. Las otras correas *I* van aliviadas por jabalcones curvos *N* en el plano de los cabios y ensamblados a los pares. Se observará que la correa inferior *I'* está mantenida además por los tornapuntas *P* que se apoyan en el trasdós de la gran curva-cepo; es que, en efecto, esta correa inferior debe soportar no

solamente los cabios, sino también las cubiertas de las buhardillas.»

Las figuras 748 y 749 dan a mayor escala los detalles de relleno en los sitios indicados por las letras *A* y *B* en la figura 746.



Figs. 747 a 749. — Disposición de correas y cabios.

La figura 750 indica la sección *C* de las grandes piezas curvas; la figura 751 es la sección *D* del nudillo; la figura 752 muestra la sección por *E* del puntal curvo que se apoya sobre el nudillo o canecillo; por último, la 753 da la sección en *F* de los montantes del relleno.

Existen cubiertas aparentes cuya luz total está subdividida por postes intermedios; es el caso de la que ofrecemos en las figuras 754 y 755, que cubre una sala de planta cuadrada (fig. 755), y cuya parte central es una cubierta en forma de pirámide, estando las laterales forma-

das por una carpintería de escasa pendiente. El dibujo puede evitarnos una descripción de esta estructura. La ornamentación consiste, para los pies derechos, en chaflanes en las esquinas y perfiles aplicados formando basa y capitel; encima de los capiteles, cartelas ensambladas y caladas, de bastante espesor, alivian las vigas. El resto de la decoración no comprende más que chaflanes en las maderas principales y cubrejuntas en el enlatado.

La cubierta representada en la figura 756 es bastante decorativa. Su forma trilobular rebajada ofrece, por la repetición de las cerchas, una agradable perspectiva, pero presenta graves dificultades de ejecución a causa de las maderas curvas que le dan el carácter.

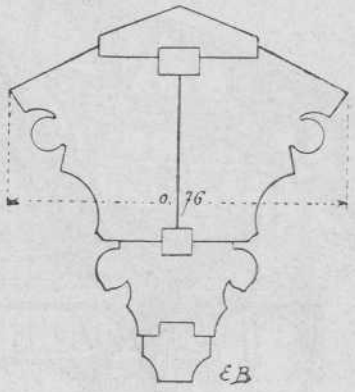


Fig. 750.
Sección del arco-cepo.

Si se supone una cubierta de este género situada entre dos edificios sólidos, sería posible hacer que las grandes cartelas colocadas bajo el miembro horizontal soportasen parte de la carga y,

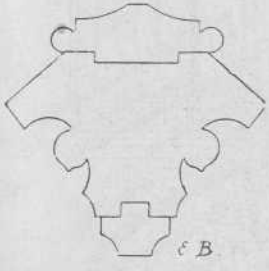


Fig. 751.
Sección del canecillo.

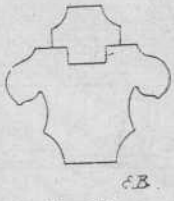


Fig. 752.
Sección del jabalcón curvo.

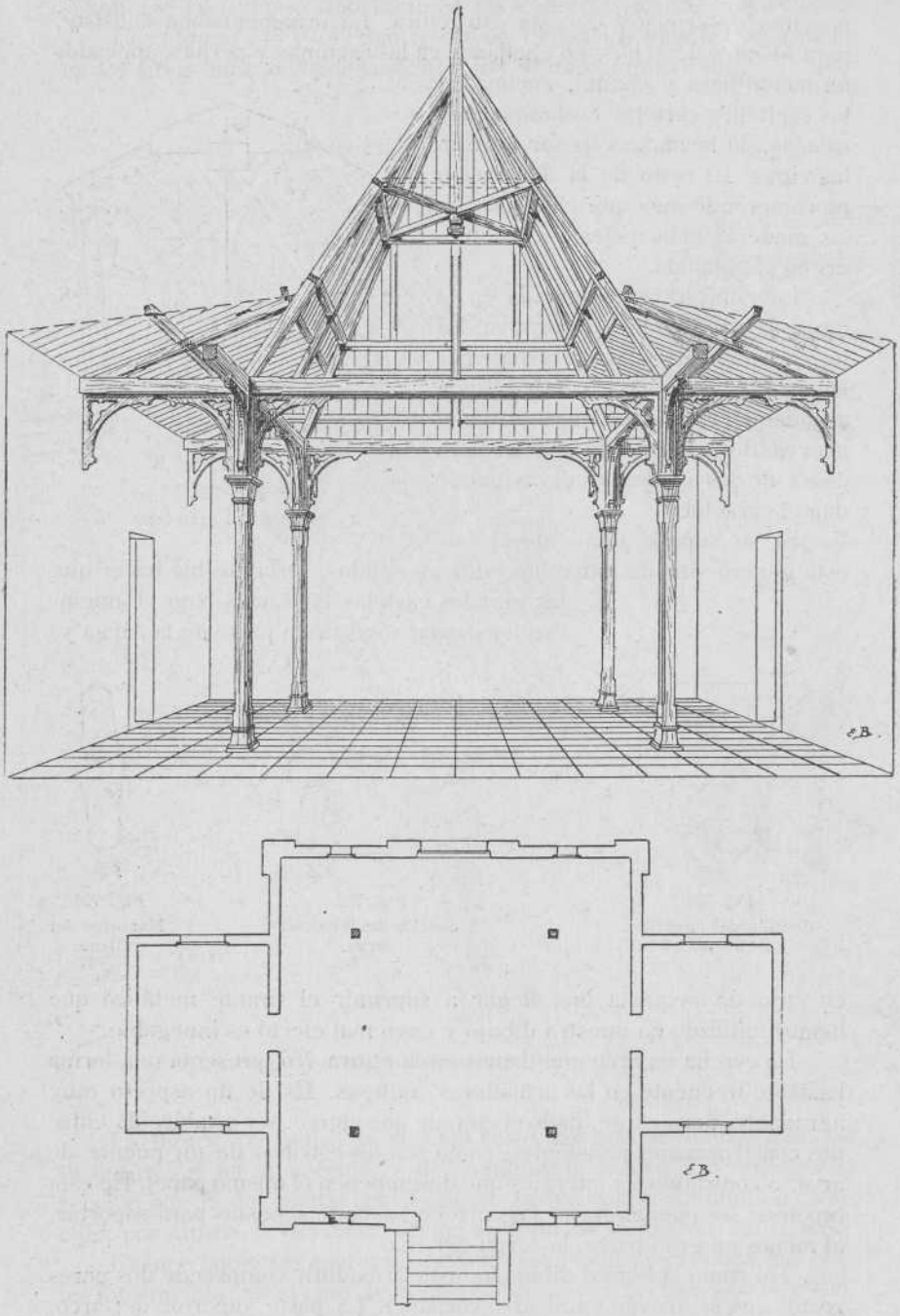


Fig. 753.
Montante del relleno.

en caso de pequeña luz, llegar a suprimir el tirante metálico que hemos indicado en nuestro dibujo y cuyo mal efecto es innegable.

La cercha en arco que damos en la figura 757 presenta una forma bastante frecuente en las armaduras inglesas. Es de un aspecto muy agradable, pero exige, dado el empuje que ejerce, ser establecida entre dos construcciones resistentes, como son los estribos de un puente de arco, o contrafuertes laterales que desempeñen el mismo papel. En esta hipótesis, se pueden hacer las cartelas bastante robustas para soportar, al menos en gran parte, la carga del arco.

Tal como la hemos dibujado, esta armadura comprende dos pares rectos que se apoyan en el arco carpanel. La parte superior del arco, calculada en consecuencia, puede servir de tirante elevado o contrati-



Figs. 754 y 755. – Cubierta aparente sobre pilares.



Fig. 756. — Cubierta aparente.

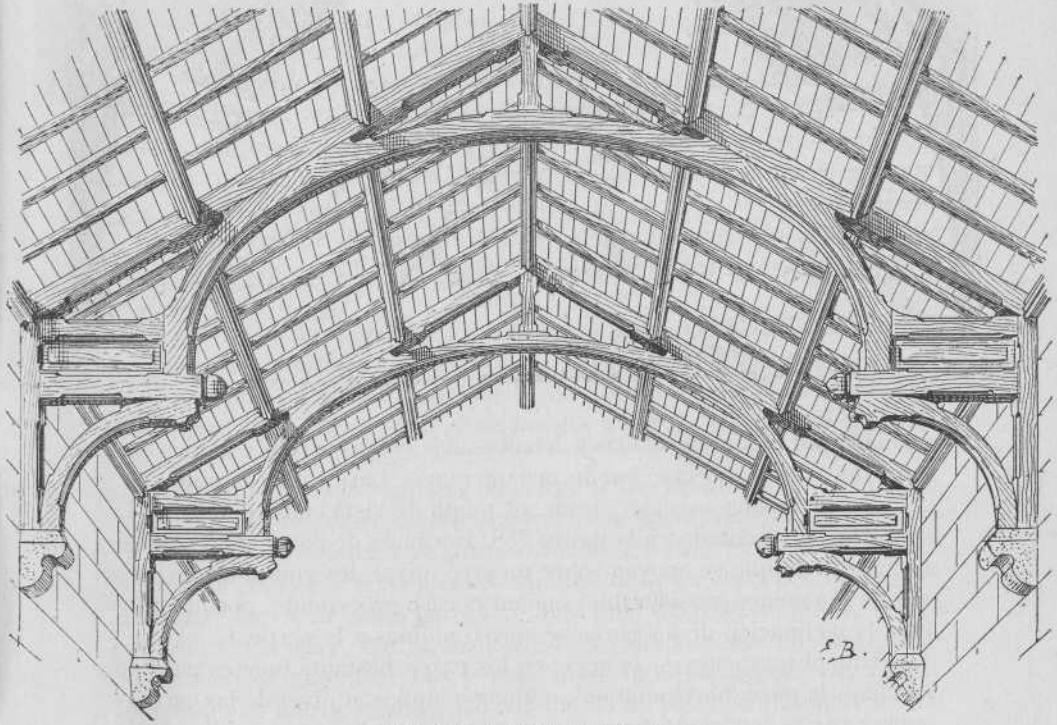


Fig. 757. — Cubierta aparente.

rante, siempre que esté provista de ensambladuras muy sólidas, y oponerse hasta cierto punto al empuje de los pares sobre los muros. Lo mejor sería disimular en la madera un tirante metálico recto.

Aparte su forma general, que es decorativa, esta cubierta está

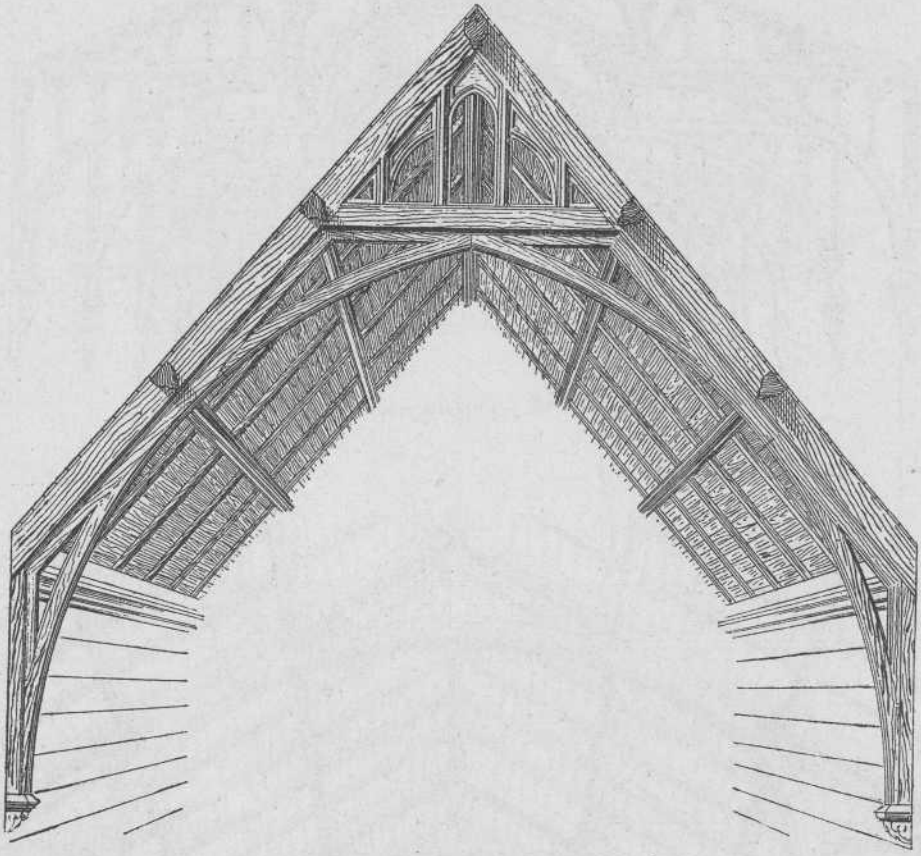


Fig. 758. – Cubierta aparente.

formada por piezas perfiladas y achaflanadas, y las correas y cabios forman un artesonado que puede ornamentarse barnizando o pintando.

De la misma especie, desde el punto de vista constructivo, es la cubierta representada en la figura 758. Formada de pares y un contratirante recto, que se apoyan sobre un arco ojival, los empujes sobre los muros son menos considerables que en el caso precedente, porque también la inclinación de los pares se aproxima más a la vertical.

Una observación: si se suponen los pares bastante fuertes para no flexarse, la pieza horizontal ensamblada a ambos al nivel de las correas superiores es un contratirante que trabaja a tensión, impidiendo la

separación de dichos pares y, al menos teóricamente, no habría empuje. Si, por el contrario, estos pares sólo deben sufrir un esfuerzo de compresión y ejercer un empuje sobre los puntos de apoyo, la misma pieza horizontal se convierte en un falso tirante y está sometida a un esfuerzo de compresión que se opone a una flexión de los pares, manteniéndolos rectos y formando en la parte superior un triángulo indeformable.

El arco puede ser puramente decorativo, construído ligeramente y calado o vaciado, como en nuestro dibujo, o bien componerse de maderas de mayor escuadría y hasta lleno, sin calados, contribuyendo en gran proporción a la solidez del conjunto.

Los elementos decorativos de esta cubierta están suficientemente indicados en nuestro dibujo, por lo que sería innecesaria una descripción detallada.

En la figura 759 tenemos una cubierta sobre pies derechos con nave central y dos cobertizos laterales bajos. La nave principal está coronada por una gran linterna soportada por pies derechos y con dos galerías o balcones longitudinales.

Esta construcción se ha ejecutado con maderas rectas y curvas bastante ligeras. La parte baja está compuesta de pies derechos unidos a los muros por cepos horizontales, bajo los cuales se ensamblan al pendolón arcos de medio punto. Los pares apoyan sobre los muros, donde son aprisionados por los cepos, y pasan sobre la cabeza del pie derecho para continuar hasta el montante volado del piso, al que sostienen mediante el refuerzo de un puntal. La triangulación y fijación del pie derecho volado se consiguen por medio de un cepo, que lo aprisiona al mismo tiempo que al pie derecho inferior y al par. Estos dos montantes o pies derechos superiores están unidos entre sí por una pequeña viga armada, formada por una pieza recta, un arco debajo de ésta y una celosía de piezas verticales e inclinadas. Un segundo pie derecho se apoya sobre el pie derecho inferior por intermedio del par y la correa.

Los dos balcones están formados por viguetas longitudinales que soportan un entarimado y cerrados por balaustradas con pasamanos.

La cubierta de la linterna descansa, como se ve, sobre cuatro pies derechos, y los pares están aliviados por un arco. Un tirante metálico completa esta armadura.

La cubierta representada en la figura 760 va igualmente sobre pies derechos; sobre cuatro de éstos apoyan los pares, que sobresalen algo y llevan un canalón en su extremo volado. En esta función están auxiliados los pares por un cepo que coge los dos pies derechos y el par, y por una especie de jabalcón curvo, más bien decorativo, que se coloca debajo. En la nave central, los pares están aliviados por un arco que se apoya en los pies derechos y está sujeto por los cepos. Un tirante quebrado de hierro ensamblado con placas de palastro va unido al arco por medio de tirantes radiales.

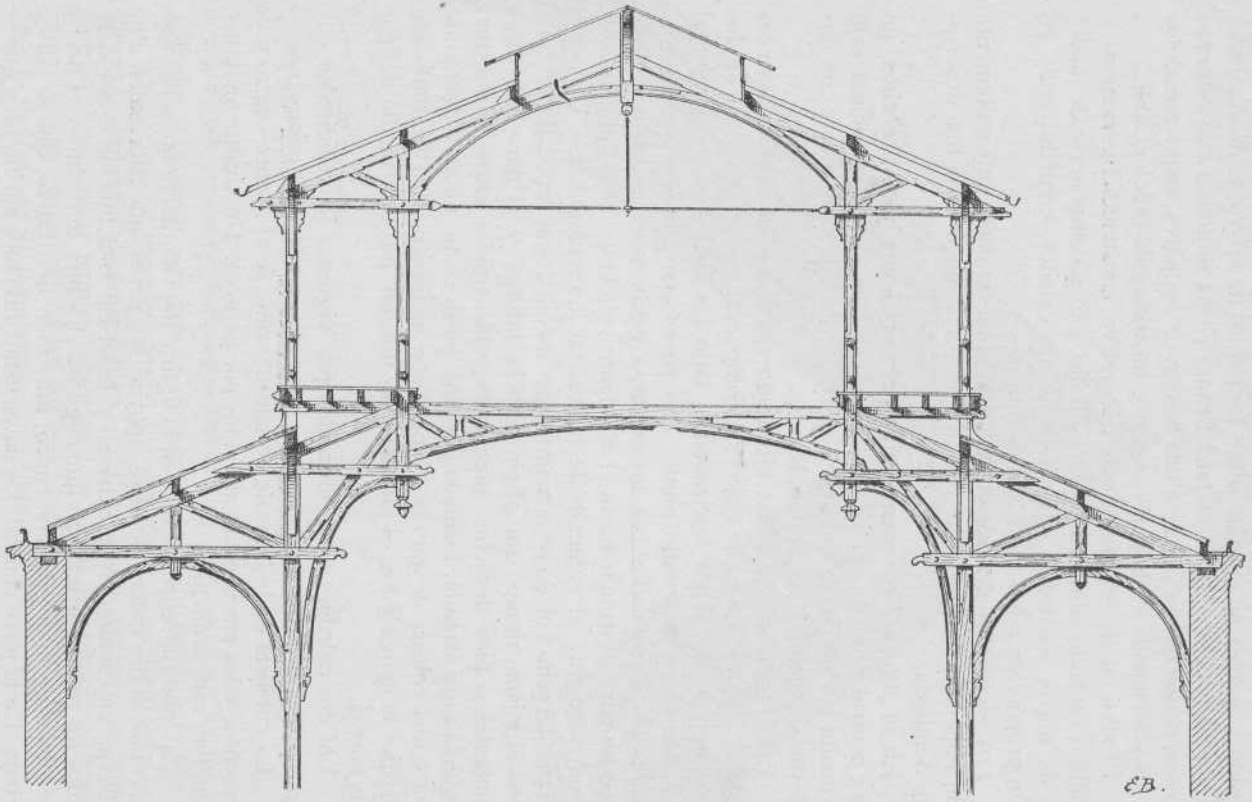


Fig. 759. — Cubierta aparente.

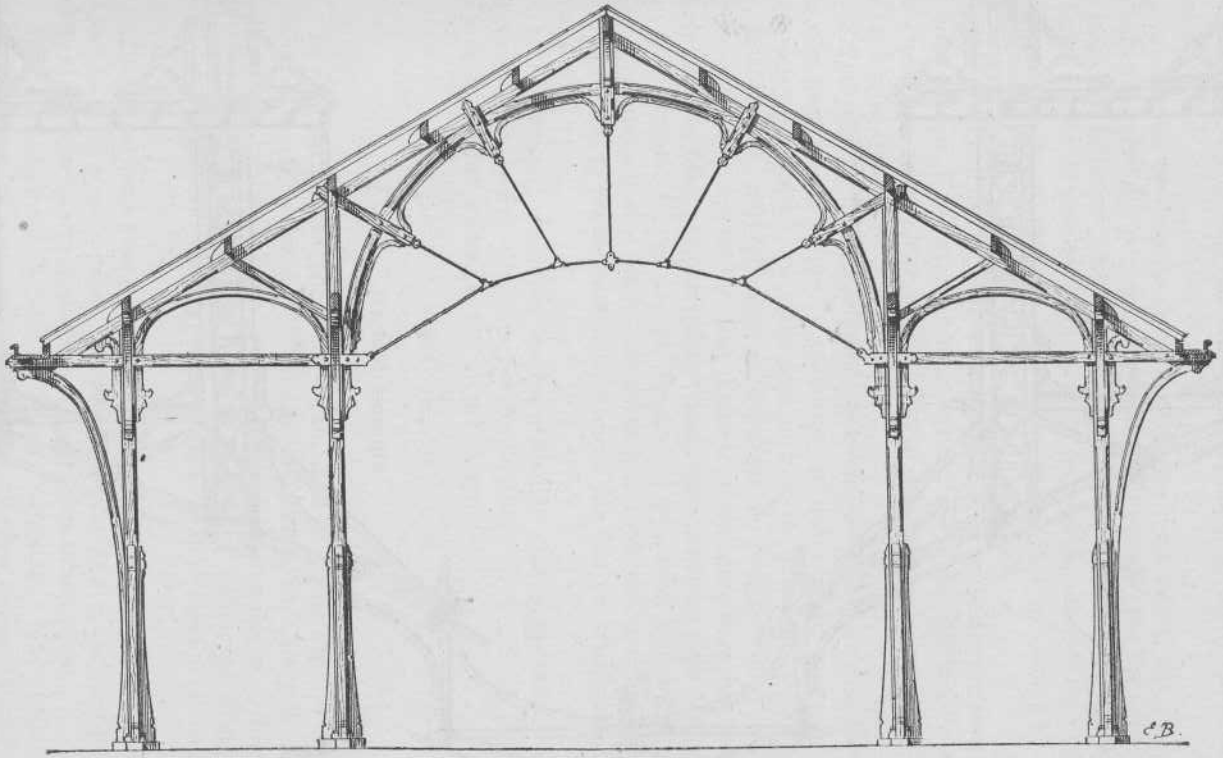


Fig. 760. — Cubierta aparente.

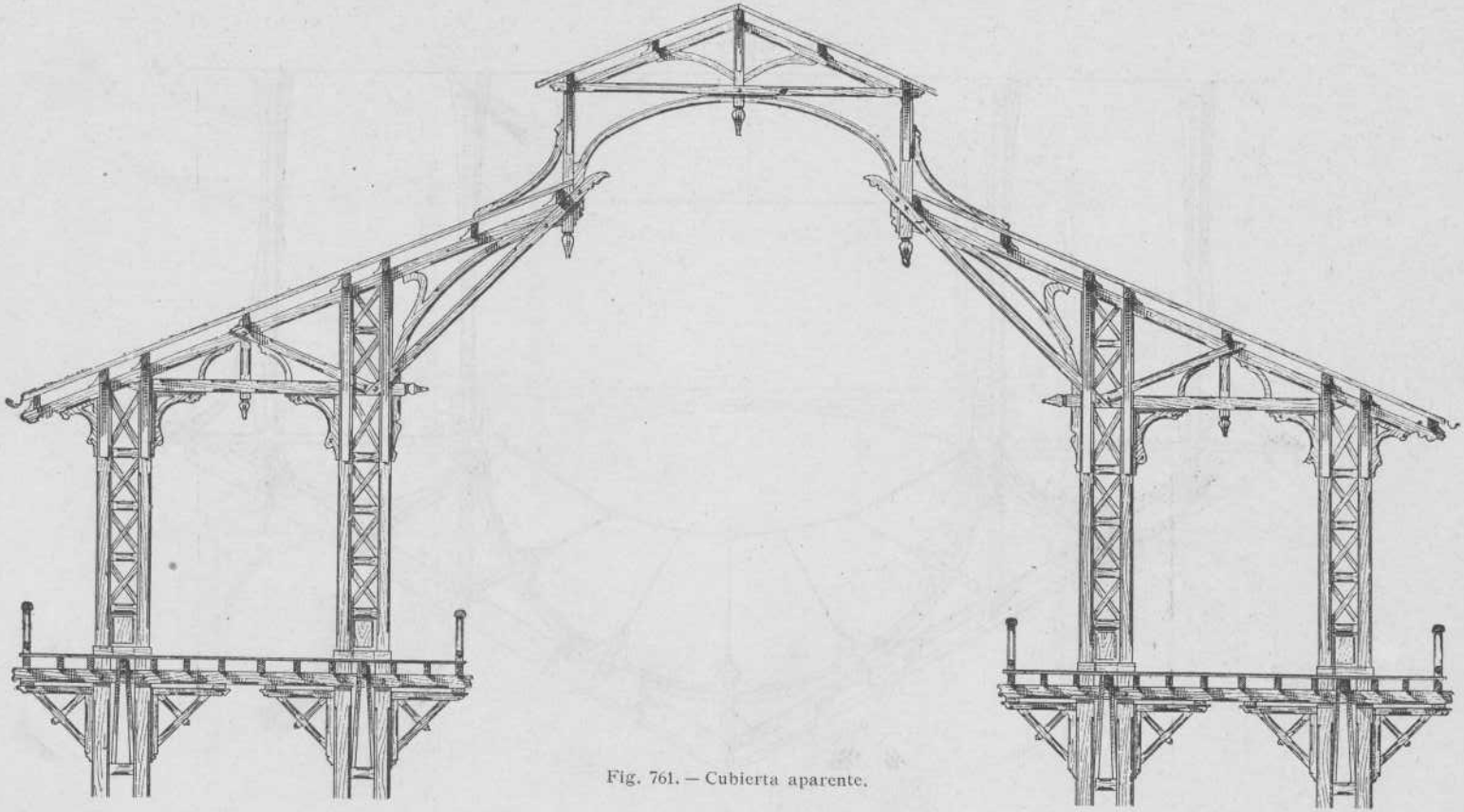


Fig. 761. — Cubierta aparente.

Esta disposición, que recuerda algo una tela de araña, no es menos elegante que el tirante recto, pero soporta una fatiga mayor.

Puede convenir esta cubierta para una luz de 27 metros aproximadamente.

La disposición llamada *cantilever* consiste en erigir una porción de cubierta sobre dos pescantes o ménsulas formados por los pares de las cubiertas laterales y tornapuntas. Este sistema, muy empleado para la construcción de puentes—por ejemplo, el tendido sobre el río Forth, en Escocia,—se aplica tanto a las estructuras metálicas como a las de madera.

Nuestro ejemplo (fig. 761) muestra una aplicación de este sistema de construcción a la carpintería de armar, viéndose que puede proporcionar una gran elevación a la nave central, necesaria muchas veces, según su destino.

La carpintería que presentamos se compone de dos cuerpos laterales, con galerías en el piso y cubiertas de una sola vertiente, cuya parte interior está en ménsula para formar el apoyo de la linterna. La construcción, muy robusta, se compone de pies derechos unidos por travesaños y cruces de San Andrés. Estos pies derechos están absolutamente fijos por una triangulación que previene toda deformación del conjunto. Las piezas que forman el pescante, que son el par y el tornapunta-cepo, están enlazadas interiormente por una pieza curva que aporta poca resistencia y cuya función es principalmente decorativa.

La linterna soportada por las dos ménsulas está compuesta de dos pilarejos, de dos pares aliviados por tornapuntas curvos, de un pendolón y de un tirante sostenido por un arco elíptico.

Arriostramiento

En una estructura cualquiera, destinada a cubrir un espacio determinado, no basta poner toda la materia necesaria para impedir toda posibilidad del aplastamiento y triangular los cuchillos para hacerlos indeformables. Es preciso contar con otros esfuerzos distintos de los resultantes de las cargas verticales y que tienden a volcar la obra.

Entre estos esfuerzos, el más considerable es el debido a la acción del viento, y, si no se tomasen contra esta acción las precauciones necesarias, el edificio estaría condenado a una rápida destrucción.

Estando compuesta la cubierta de partes rígidas e indeformables, cerchas, correas, pilares, etc., es preciso estudiar especialmente los ensamblajes de estas diversas partes y consolidar los ángulos que puedan formar en su encuentro para evitar toda deformación. Este es el objeto que se persigue con el arriostramiento.

Arriostramiento bajo la cumbrera. — Como las cerchas o cuchillos reposan simplemente sobre los pies derechos o sobre los muros, estando unidos entre sí por las correas, nada impediría que estas cerchas, bajo la menor acción del viento, se volcasen unas sobre otras, porque los ensamblajes de las correas, a pesar de su multiplicidad, no son suficien-

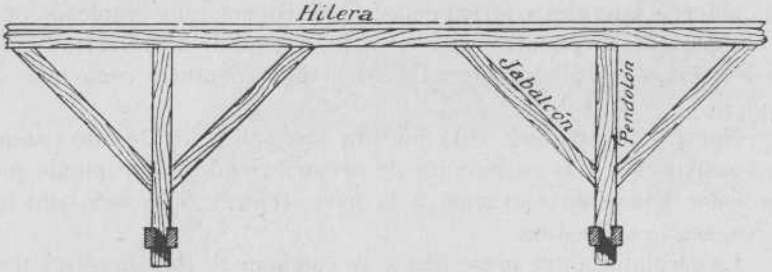


Fig. 762. — Arriostramiento por jabalcones.

tes para oponerse a este vuelco. Girarían una tras otra sobre sus puntos de apoyo y se tumbarían como fichas de dominó.

Para evitar este movimiento de vuelco, se enlaza la hilera o cumbrera al pendolón por una pieza oblicua llamada *jabalcón,* que forma un triángulo indeformable, impidiendo todo movimiento longitudinal (figura 762).

Este procedimiento tiene el inconveniente de hacer soportar a la cumbrera esfuerzos inversos, por lo que se hace a veces un arriostra-

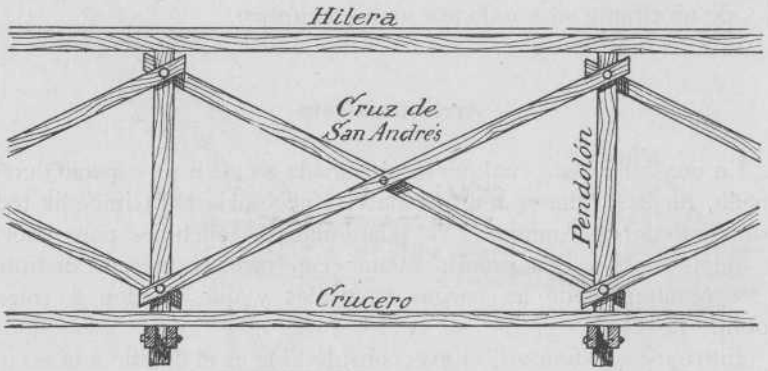


Fig. 763. — Arriostramiento de celosía.

miento que constituye una verdadera viga longitudinal formada por la hilera, el cepo que pasa sobre los tirantes aprisionando los pendolones y, por último, celosías en forma de cruz de San Andrés entre cada dos de éstos y ensamblada cada intersección con un perno provisto de arandelas (fig. 763).

Arriostramiento por diagonales. — Se puede también evitar el vuelco de los cuchillos por medio de un arriostramiento de madera o de hierro formado de tirantes según las diagonales de cada uno de los rectángulos a que dan origen los pares y las correas, como indicamos en la figura 764, mitad izquierda. Con este arriostramiento se pueden conservar los jabalcones de la cumbrera, que, además de aumentar la seguridad, ejercen de tornapuntas *(tornapuntas de cumbrera* se llaman también) aliviando la hilera.

Arriostramiento transversal. — Es fácil comprender que, si las cerchas estuviesen simplemente colocadas sobre los pies derechos o sobre los muros, una vez arriostradas, no se tumbarían y, trianguladas, no se deformarían. Pero nada impediría que se abriese o cerrase el ángulo recto formado en un plano vertical por el tirante y el pie derecho, y entonces habría que temer que toda la construcción se viniese al suelo. Para obviar esto, se triangula el ángulo citado por medio de un tornapunta ensamblado al par y al pie derecho y que puede servir también para soportar parte de la carga de la primera correa, transmitiéndola al pie derecho, como se ve en la figura 764. Naturalmente, que el tornapunta impone al pie derecho un trabajo de flexión debido a este empuje, por lo cual es preciso darle una sección suficiente para soportar este esfuerzo, además del de compresión, que es su función principal.

Arriostramiento longitudinal de los pies de las cerchas. — El mismo peligro de deformación que acabamos de ver en el sentido transversal existe también en el sentido longitudinal. El arriostramiento, indispensable en este caso, puede hacerse como los que acabamos de describir para la cumbrera y que indicamos en la figura 764: a la izquierda, por simples jabalcones entre la carrera y el pie derecho; a la derecha, por una celosía del mismo género que la representada en la figura 763.

Arriostramiento horizontal. — Cuando se trata de un edificio aislado, de gran longitud, sin tabiques o muros de separación, es necesario algunas veces preocuparse de la indeformabilidad del conjunto e impedir una fatiga excesiva a las piezas que integran la construcción. Se puede obtener este arriostramiento horizontal colocando tirantes diagonales de madera o de hierro entre cada dos cerchas y al nivel de los tirantes de éstas, como se ve en la mitad derecha de la figura 764.

Si la construcción termina en un sólido muro de piñón, pueden considerarse como innecesarios el arriostramiento longitudinal y el del tejado; si existen *faldones* o *petos* en los extremos de la cubierta, o también si las correas afectan forma de vigas y tienen una gran altura con relación a la de la cercha, el arriostramiento de la techum-

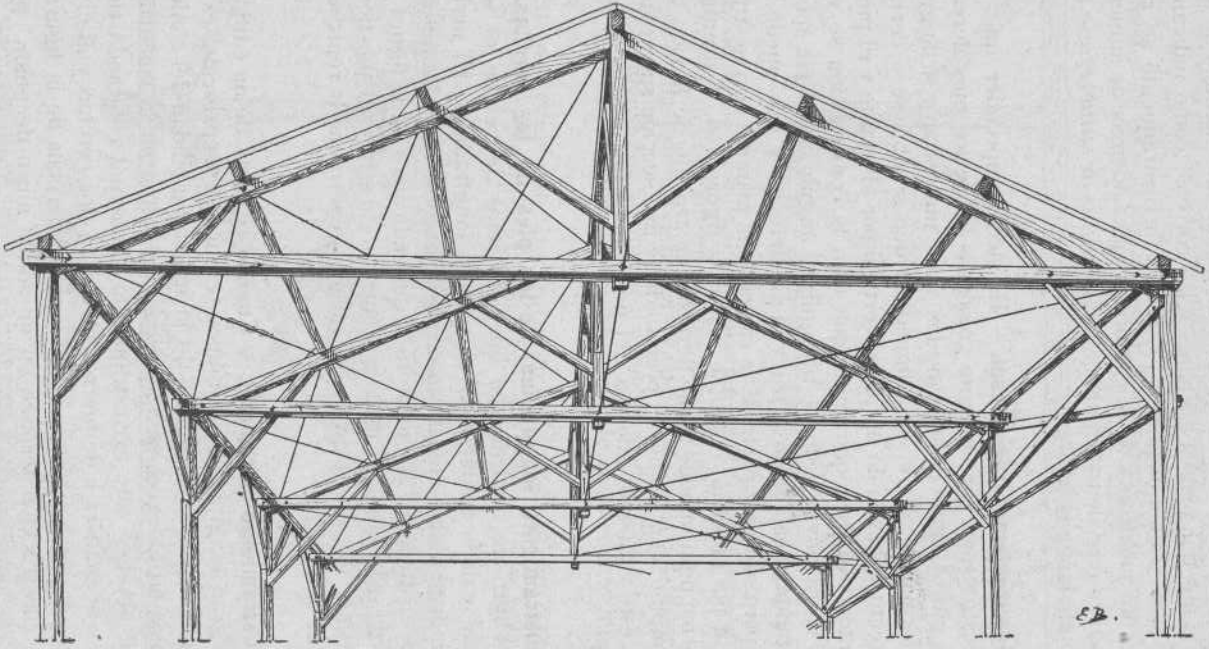


Fig. 761. — Arriostramientos diversos.

bre es superfluo, y se considera, en el último caso, suficientemente asegurado por la solidez de los ensambles. Por último, si uno de los paños longitudinales es un muro de fábrica suficientemente estable, el arriostramiento transversal puede quedar asegurado por la fijeza de este muro.

Faldones

Cuando en lugar de terminar una cubierta en un frente vertical, piñón de fábrica o entramado de madera, termina en una vertiente inclinada, este extremo de la cubierta, que es triangular, se llama *faldón* y también *peto*. La inclinación de esta parte es la misma que la de las vertientes de la cubierta, y la intersección con los planos de éstas son las limatesas, que a su vez se cortan en el caballete.

Naturalmente, cuando se trata de una armadura *a la Mansard,* el faldón no es un triángulo, sino un trapecio y un triángulo.

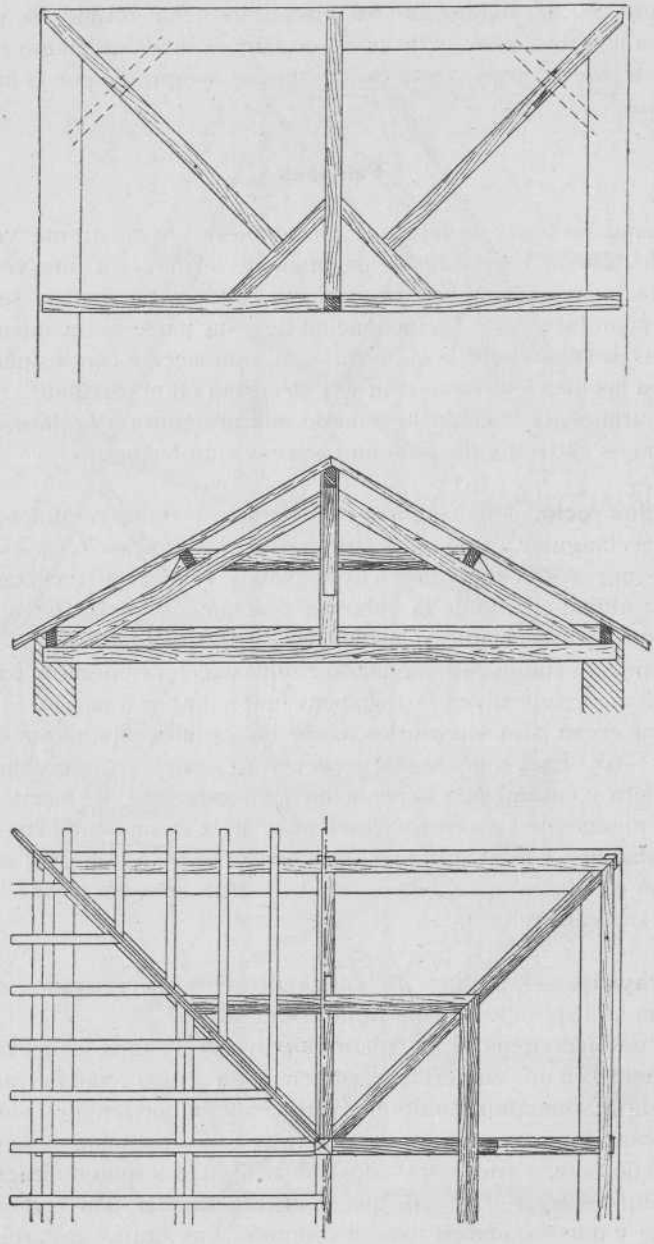
Faldón recto. — El faldón recto es el que termina comúnmente un edificio rectangular, como representamos en las figuras 765 a 767. Está formado por dos semicerchas cuyos planos verticales se cortan en el eje de la última cercha de la cubierta propiamente dicha, haciendo de cumbreras de estas semicerchas los dos *pares de limatesa.*

Cuando la cubierta tiene una luz demasiado considerable para que la correa o correas salven la distancia entre ambas limas, se intercala otra semicercha para soportarlas, como indicamos en la planta del faldón (fig. 765). Esta semicercha se encuentra situada en la prolongación de la hilera y ensamblada al pendolón; generalmente, se forma de las mismas piezas que las cerchas corrientes de la misma cubierta, siendo en realidad una verdadera media cercha. La sección (fig. 766) muestra la cercha de faldón y en ella se ve la correa apoyada sobre las dos limas y la semicercha.

Enrayado. — La figura 767, que representa el enrayado, muestra en planta la disposición de los tirantes del faldón.

De un modo general, la palabra *enrayado* designa las piezas que, en un suelo o en una cubierta, se reúnen en un centro como los radios de una rueda. Es un conjunto de piezas de madera horizontales sobre las que reposan las estructuras y que mantienen su separación. Una estructura puede tener varios enrayados colocados a diferentes alturas; son otras tantas soleras o apoyos que permiten adaptar una combinación diferente y que encadenan todo el conjunto. Las agujas de carpintería, por ejemplo, tienen siempre un cierto número de enrayados superpuestos.

El semitirante del faldón está ensamblado al tirante de la última cercha normal, llamada *cercha de faldón,* a media madera o a cola de



Figs. 765 a 767. — Faldón recto.

milano. En el caso de que el tirante de esta última cercha estuviese compuesto de dos piezas formando cepo, se puede hacer el semitirante de dos piezas igualmente y hacerle aprisionar el pendolón pasando por encima del tirante de la cercha; tendría así una posición ligeramente inclinada, puesto que por la otra extremidad debería buscar apoyo al mismo nivel que los tirantes de las cerchas normales; pero esta disposición no conviene cuando existe un suelo a la altura del tirante, porque entonces todas las piezas deben ser horizontales. En este caso, se podría siempre recurrir a un ensamblaje metálico mediante el empleo de escuadras con pasadores, por ejemplo.

Para evitar la multiplicidad de ensamblajes en un mismo punto, se enlazan los semitirantes de las semicerchas de arista a traviesas, ensambladas a su vez al tirante completo y al semitirante, a media madera o cola de milano, por el mismo procedimiento de ensambladura. Puede ocurrir que no se disponga de maderas suficientemente largas para hacer los semitirantes de las esquinas; en este caso se puede recurrir igualmente a las traviesas, bien empotradas en la mampostería o ensambladas a la solera, cuando ésta existe. Estas traviesas eventuales van indicadas de puntos.

Los cabios que se apoyan en los pares de limatesa son naturalmente de largos distintos.

Aunque es lo corriente, el faldón no tiene siempre fatalmente la misma inclinación que las vertientes longitudinales. Esto depende, a veces, del ancho del edificio y del emplazamiento de la cercha de faldón, que puede encontrarse más o menos alejada del muro que limita la construcción.

Puede presentarse el caso en que, a consecuencia de dispositivos interiores, un cañón de chimenea, por ejemplo, no se quiera comenzar el faldón sino a cierta distancia de la cercha correspondiente; para esto se continúa la hilera hasta el sitio designado para vértice del faldón, y en la extremidad del mismo se ensambla un pendolón. Sobre éste se ensamblan los pares de limatesa y la falsa cercha, y después se enlaza ésta al pendolón de la cercha de faldón por medio de un cepo.

Faldón de cubierta a la Mansard. — Un faldón de cubierta mansarda se construye como el precedente, con la única diferencia, si la planta es poligonal, de existir cuatro limatesas, y que las vertientes son quebradas.

En la planta (fig. 768) se ve la cubierta con los cabios quitados, viéndose también el enrayado cuya disposición en planta es la proyección de los pares de limatesa y de la semicercha.

La figura 769, sección AB, da el conjunto de la cercha de faldón; la figura 770, sección CD, muestra el corte dado por una limatesa; por último, la sección EF (fig. 771) representa un corte por el eje longitudinal.

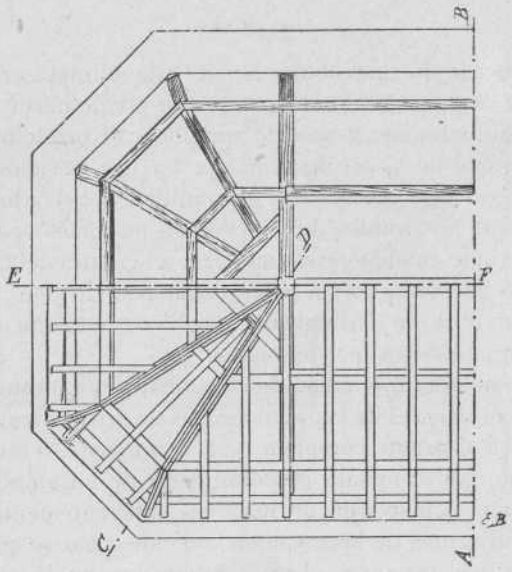


Fig. 768. — Faldón a la Mansard: planta.

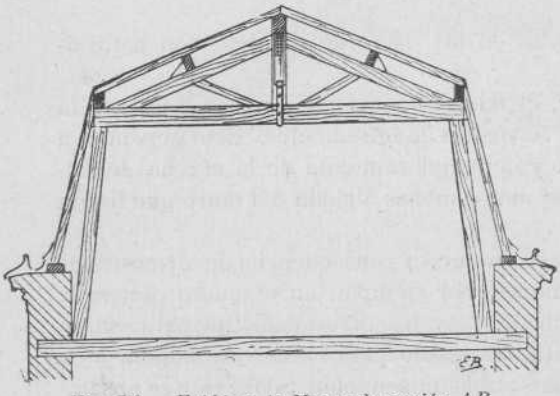


Fig. 769. — Faldón a la Mansard: sección *AB*.

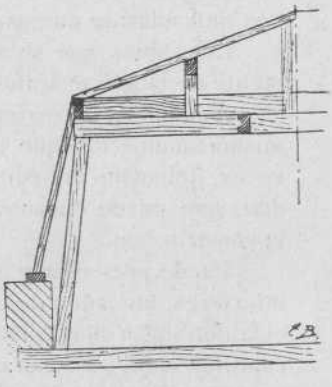


Fig. 770. — Faldón a la Mansard: sección *CD*.

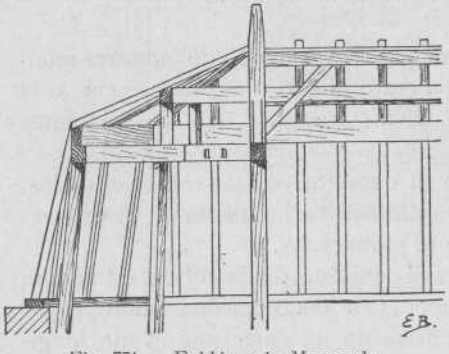


Fig. 771. — Faldón a la Mansard: sección *EF*.

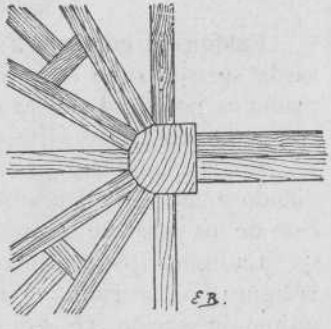
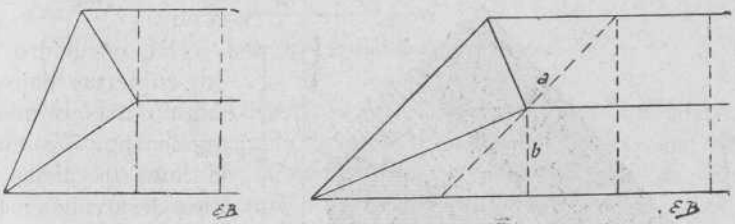


Fig. 772. — Faldón a la Mansard: ensambladuras con el pendolón.

Nos falta hablar de la ensambladura de las diferentes piezas con el pendolón y que indicamos en la figura 772. El par de la semicercha y los de la cercha de faldón van ensamblados al pendolón a caja, espiga y barbilla. Los pares de limatesa están sencillamente apoyados y cortados de modo que se adapten a la arista del pendolón, si ha de conservar éste la forma cuadrada. Si, por el contrario, el pendolón está labrado según una sección poligonal de un número de caras igual al número de piezas, y si es de dimensión suficiente para permitirlo, se pueden ensamblar todas las piezas a caja y espiga.

Faldones oblicuos. — Un faldón es oblicuo cuando la cara que termina el edificio no es perpendicular al eje longitudinal de este edificio (fig. 773).

Los ángulos pueden ser más o menos pronunciados, según indicamos en la figura 774 y, por tanto, se está obligado a veces a establecer



Figs. 773 y 774. — Faldones oblicuos.

una cercha de faldón *a*, según la oblicuidad, y a colocar una semicercha normal *b* en el encuentro de la cercha de faldón con la hilera.

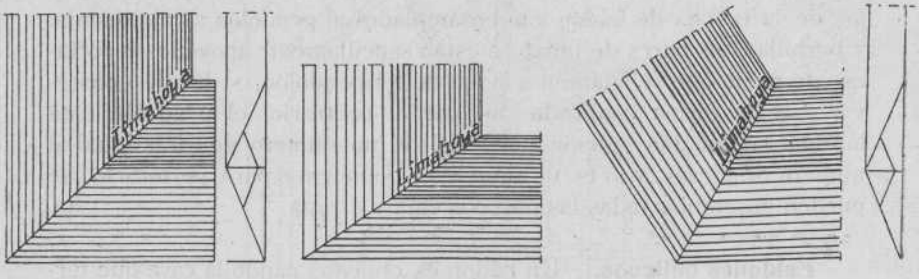
Encuentros de cubiertas

Una *limahoya* es exactamente lo contrario de una limatesa; mientras ésta forma una arista exterior saliente, la limahoya forma la arista de un diedro entrante. Es el ángulo entrante formado por dos tejados que se penetran. La limatesa divide las aguas; la limahoya las reúne.

En la intersección de dos cubiertas puede ocurrir que tengan la misma altura y, por tanto, que los caballetes estén a nivel, y también que las dos cubiertas que se cortan tengan alturas distintas, y entonces las cumbreras de ambas no se cortan.

Encuentros de cubiertas de igual altura. — Dos cubiertas cuyas cumbreras están a la misma altura pueden unirse en ángulo recto, como en nuestro dibujo (fig. 775); la arista opuesta a la limahoya es la limatesa, y ambas, en planta, se encuentran en prolongación una de otra, formando en este caso la bisectriz del ángulo de las cubiertas.

Esto ocurre también en las figuras 777 y 778, o sea, siempre que las



Figs. 775 a 777. — Encuentros.

cubiertas, encontrándose bajo cualquier ángulo, tengan el mismo ancho. Lo contrario ocurre en la figura 776, en que una cubierta es de ancho mayor que la otra.

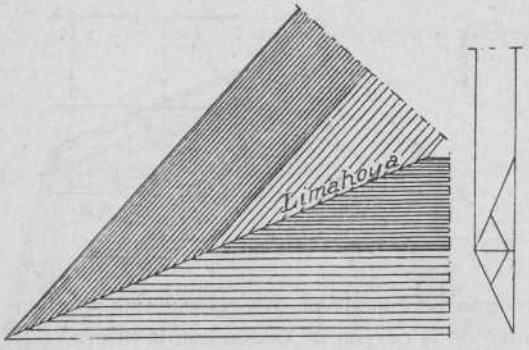
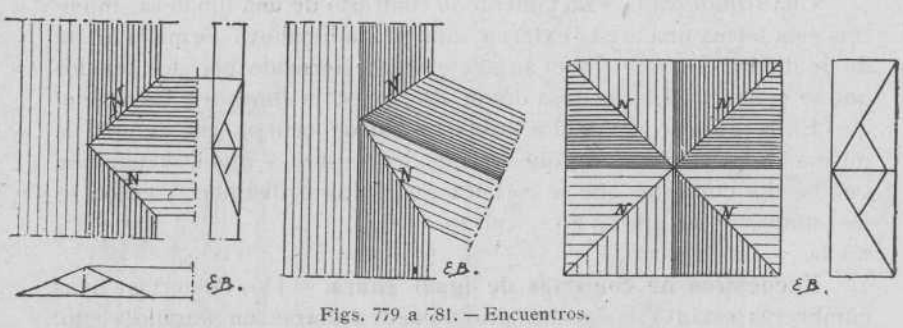


Fig. 778. — Encuentro en ángulo agudo.

El encuentro de dos cubiertas bajo un ángulo más o menos agudo (fig. 778) da a la línea de limas un gran desarrollo en longitud.

Además de estas cubiertas que se continúan en dos direcciones bajo un ángulo cualquiera, dos cubiertas pueden encontrarse de otras maneras; por ejemplo, en ángulo recto y que uno de los cuerpos de edificio continúe por ambos lados del que



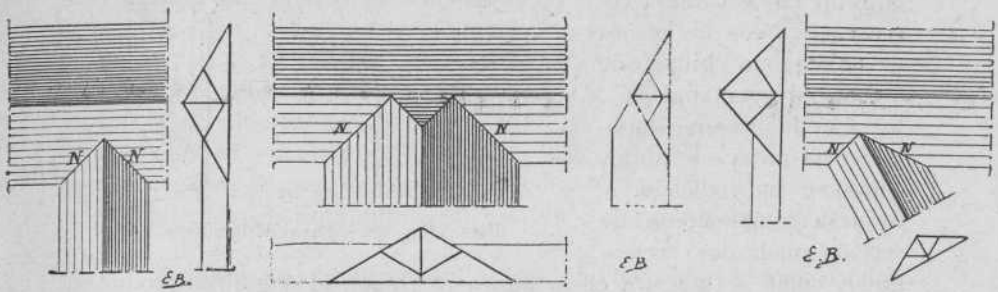
Figs. 779 a 781. — Encuentros.

se corta en él, como en la figura 779. Se ve que hay aquí dos limahoyas y no hay limatesa. Esta misma penetración puede efectuarse

según un ángulo cualquiera (fig. 780); como se ve en esta figura, todo ángulo distinto de los 90° da limahoyas de longitudes diferentes.

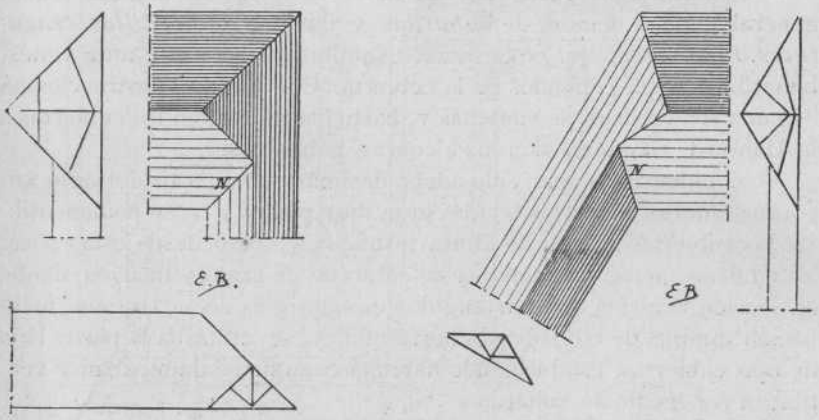
La cubierta de *crucero,* figura 781, que tiene cuatro frontones o piñones, da cuatro limahoyas de la misma longitud.

Cubiertas de alturas distintas. — Cuando las cubiertas son perpendiculares entre sí, son iguales las dos limahoyas formadas por su inter-



Figs. 782 a 784. – Encuentros de cubiertas.

sección (fig. 782). Puede ocurrir el caso de que las dos limahoyas no se corten, como en el ejemplo figura 783, en que la cubierta que viene a encontrar a la otra tiene su cumbrera a mayor altura que ésta. En la figura 784 se ve un encuentro de cubiertas, en que una de ellas es de



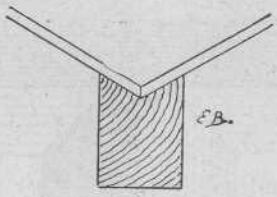
Figs. 785 y 786. — Encuentros diversos.

menor altura y penetra oblicuamente: en este caso, ambas limahoyas son de longitudes diferentes.

Por último, si dos cubiertas de alturas distintas se continúan, volviendo en escuadra, no existe más que una limahoya, como se ve en la figura 785; y si se supone que el ángulo de las cubiertas es obtuso, se tiene el caso de la figura 786.

Par de limahoya. — La pieza de madera colocada en el ángulo entrante de una cubierta puede llamarse *par de limahoya,* a semejanza de la pieza correspondiente en la arista saliente, o par de limatesa.

Lo mismo que esta pieza suele ir cortada en bisel superiormente para el mejor ensamblaje de los cabios, el par de limahoya se labra comúnmente en ángulo entrante cuyas caras se corresponden con los planos de enlatado o chillado de ambas cubiertas (fig. 787).





Figs. 787 y 788. — Pares de limahoya.

Puede hacerse también esta pieza sin labrar, como se ha indicado, y dejarla simplemente de sección cuadrada o rectangular, como se muestra en la figura 788; aquí, el ángulo se produce simplemente por los cabios que siguen la inclinación de las techumbres y están labrados inferiormente con esta inclinación.

Buhardas

Las aberturas practicadas en la vertiente de los tejados toman generalmente el nombre de *buhardas* y también *buhardillas, tragaluces, lumbreras,* etc. Se destinan a suministrar luz y aire a desvanes, buhardillas, etc., cobijados en la cubierta. Con ciertas construcciones, llegan a ser verdaderas ventanas y, particularmente, en las cubiertas a la Mansard, ventilan y dan luz a cuartos habitables.

Las buhardas no han sido adoptadas más que a partir del siglo XII, porque anteriormente los tejados eran muy planos y no se podían utilizar las cubiertas por ser de altura insuficiente; pero desde esta época, los edificios fueron coronándose de cubiertas de gran inclinación, dando en sección la forma de un triángulo equilátero, es decir, con una inclinación mínima de 60° sobre la horizontal, y se utilizaba la parte baja de esas cubiertas, estableciendo habitaciones que se iluminaban y ventilaban por medio de buhardas.

Durante el período ojival y durante el Renacimiento, las buhardas se han empleado frecuentemente; en esta época son de una gran riqueza de decoración y a veces monumentales.

Digamos primeramente unas palabras sobre ciertos huecos practicados en las cubiertas, con muy poca saliente y sin pretensiones de concurrir al decorado. Nos referimos a los bastidores de tragaluz, que se hacen de dimensiones variables según las necesidades especiales de cada caso.

En carpintería, la disposición preparada para recibir un bastidor es muy sencilla y consiste, generalmente, en dos cabezales de madera de la misma escuadría que las piezas a que se ensamblan, haciéndose esta ensambladura a caja y espiga (fig. 789). Este sencillo procedimiento puede aplicarse también a las buhardas, cuando son de pequeñas dimensiones.

La penetración de una buharda en una cubierta se asemeja, en pequeño, al encuentro de dos cubiertas, en el caso de tener éstas sus hileras a distinta altura.

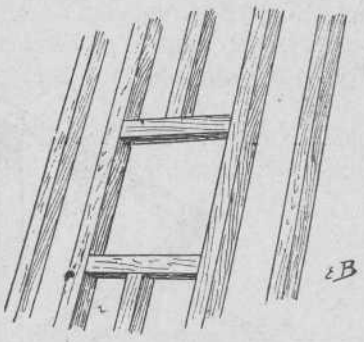
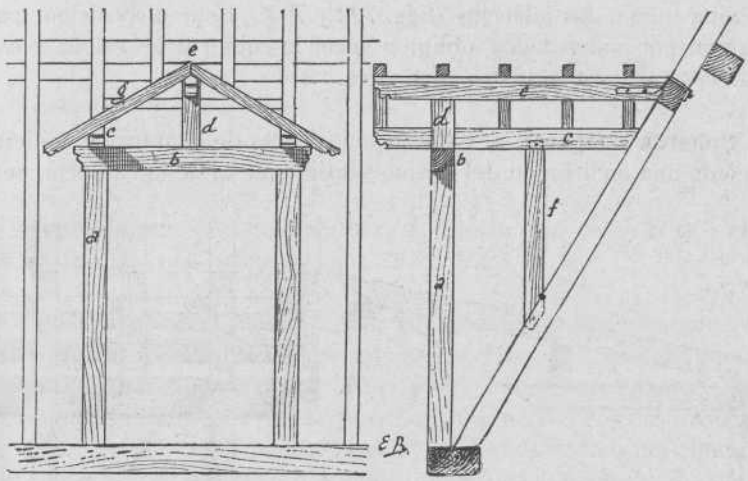


Fig. 789. — Tragaluz.

Buharda de caballete. — La buharda que representamos en las figuras 790 y 791 es de las más sencillas. Se compone de dos pies derechos *a* coronados por un cabezal *b*, de dos carreras laterales *c*, de un pilarejo *d*, de una cumbrera *e*, de pilarejos *f* y, por último, de cabios *g*.

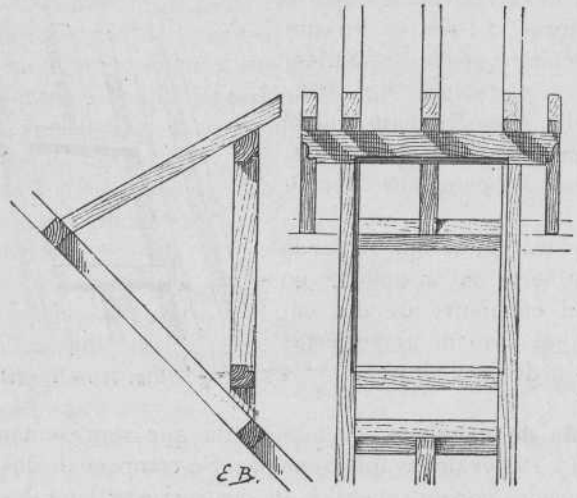


Figs. 790 y 791. — Buharda de caballete.

A veces se forma una verdadera cercha pequeña, y entonces el cabezal *b* se convierte en un tirante que lleva ensamblados dos pequeños pares que van a reunirse al pendolón.

En nuestro ejemplo, dadas las pequeñas dimensiones de la buharda, hemos formado la cubierta con simples cabios que descansan en la cumbrera y las carreras.

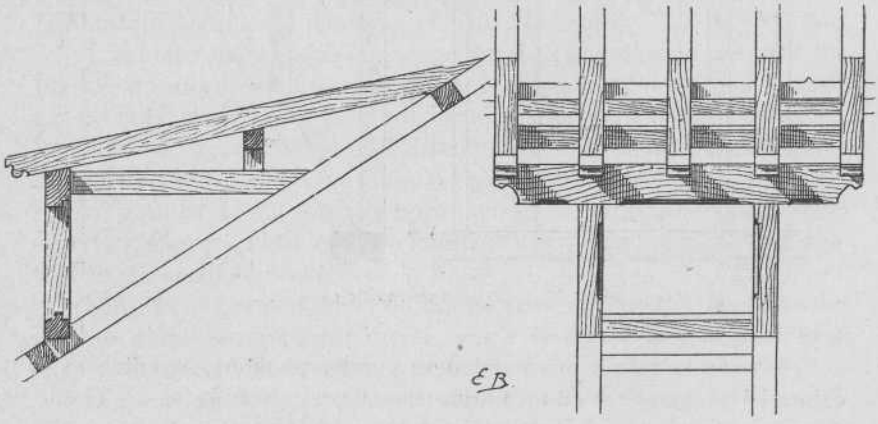
Buharda arremangada. — Esta especie de buharda es muy sencilla y puede componerse solamente de dos pies derechos y un cabezal sobre



Figs. 792 y 793. — Buharda arremangada.

el que reposan los cabios; si las carreras laterales son grandes, pueden necesitar uno o dos pilarejos (figs. 792 y 793). Esta disposición, para desaguar por ambos lados, obliga a hacer la cubierta levantada por la arista central, formando dos vertientes.

Buharda rampante. — Es la forma inversa de la anterior, teniendo el tejado una inclinación del mismo sentido que la de la cubierta, pero,



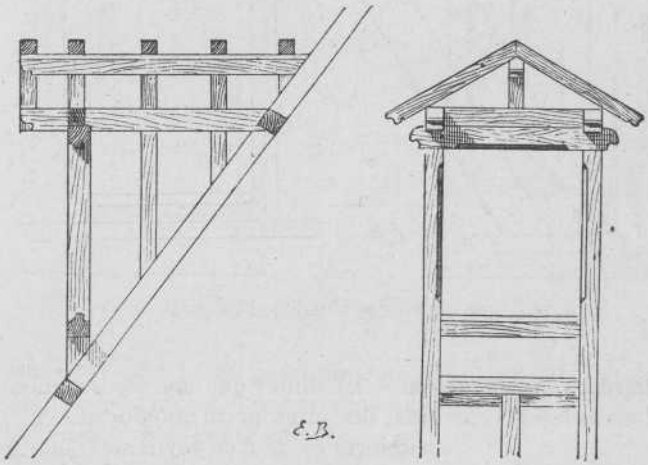
Figs. 794 y 795. — Buharda rampante.

naturalmente, menos considerable (figs. 794 y 795). Su composición es la misma que la de la buharda arremangada; no es necesario colocar una

carrera horizontal como indica nuestro dibujo, y puede bastar con pilarejos para formar los costados.

Otros tipos de buharda de caballete. — Las figuras 796 y 797 dan una variante de la buharda representada en las figuras 790 y 791. Se encuentra establecida a cierta altura sobre el entablamento y está preparada para recibir una ventana.

Estas buhardas pueden hacerse también con una vertiente o faldón por delante, es decir, a tres aguas; en este caso, el cabezal y las carre-



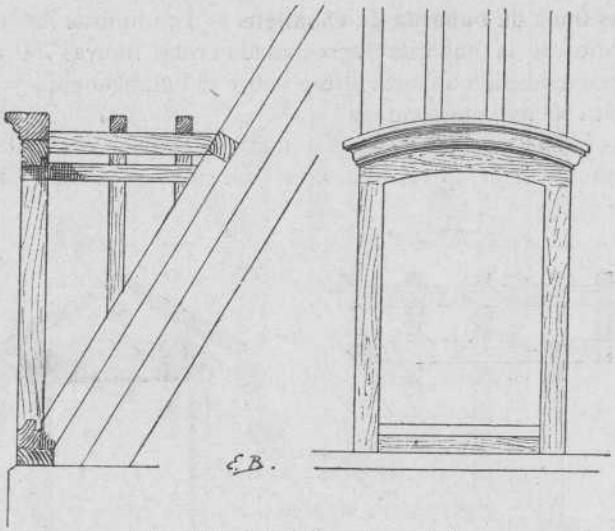
Figs. 796 y 797. — Buharda.

ras son moldurados y estas buhardas se llaman *a la capuchina*. Veremos un ejemplo más adelante (figs. 801 y 802).

Buharda combada. — Se llama también buharda de frontón combado; está formada como las precedentes, pero con el cabezal curvado y ornamentado con una moldura (figs. 798 y 799). Estas buhardas están a veces sostenidas lateralmente por contrafuertes o ménsulas invertidas que suelen hacerse de zinc estampado, existiendo formas muy variadas en el comercio. El tejado, no visible, puede establecerse a dos aguas, pero algunas veces se le da la misma curvatura que al frontón. En este último caso, la cubierta puede hacerse por medio de tablas gruesas cortadas superiormente con la curva del frontón y rectas por debajo para ponerles un cielorraso horizontal.

Buharda de frontón.—Esta buharda se hace con frontón triangular, como en nuestro dibujo (fig. 800). No difiere de la buharda de caballete más que por el frontón, que sólo hace un pequeño saliente sobre los

montantes y está moldurado por su frente, así como las carreras; su construcción es la misma.



Figs. 798 y 799. — Buharda combada.

Buharda a la capuchina. — El dintel que une los dos montantes o jambas, así como las carreras, llevan un perfil moldurado; la pequeña cubierta es de tres vertientes, que despiden las aguas hacia los lados y hacia el frente (figuras 801 y 802). El pendolón, que puede adornarse, apoya sobre una traviesa, la cual inferiormente está a nivel con los listones para el cielorraso. Aparte las molduras, la ornamentación está hecha de chaflanes.

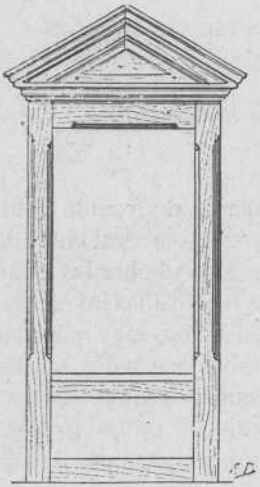
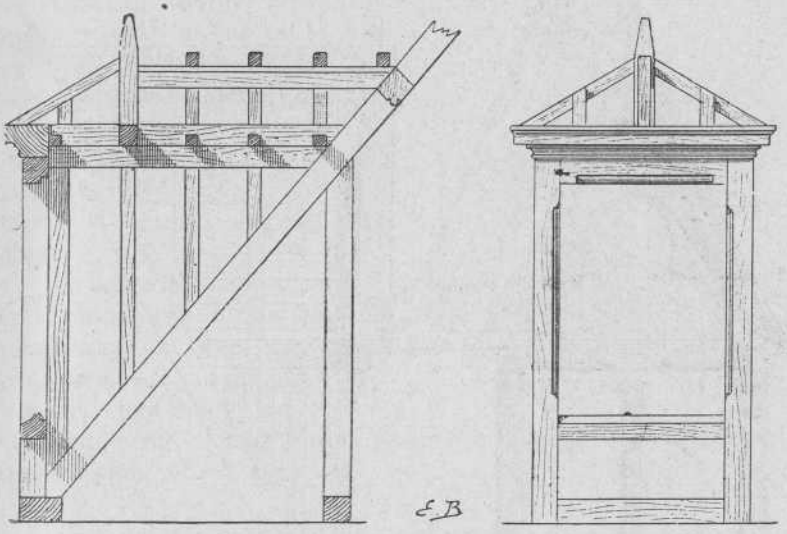


Fig. 800.
Buharda de frontón.

Buharda de perro sentado.—Esta forma (figura 803) conviene, sobre todo, para buhardas que protejan huecos de poca importancia. El ejemplo que ofrecemos está tomado de Viollet-le-Duc, que describe así su composición: «Dos travesaños *a* formaban un hueco rectangular que comprendía dos intervalos de cabios. Sobre los cabios *b* se ensamblaban dos tornapuntas *d* que soportaban la portada *e* en su extremidad y pequeños tirantes con cabios *f*. Fuertes tablas de roble se clavaban sobre estos cabios y los unían con la delantera.»

Buhardа de piñón. — Es un conjunto de maderas que forman una pequeña cercha vista, detrás de la cual se forma un piñón de madera.



Figs. 801 y 802. — Buharda a la capuchina.

Las dos vertientes sobrepasan generalmente del plano del bastidor, de modo que lo protegen mejor. Las carreras sobrepasan los pies derechos y están sostenidas por pequeñas ménsulas (figs. 804 y 805).

El triángulo puede ser lleno o calado. Muchas veces lleva una pequeña aguja en la prolongación del pendolón.

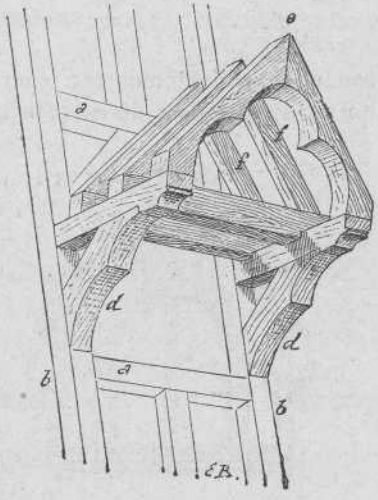
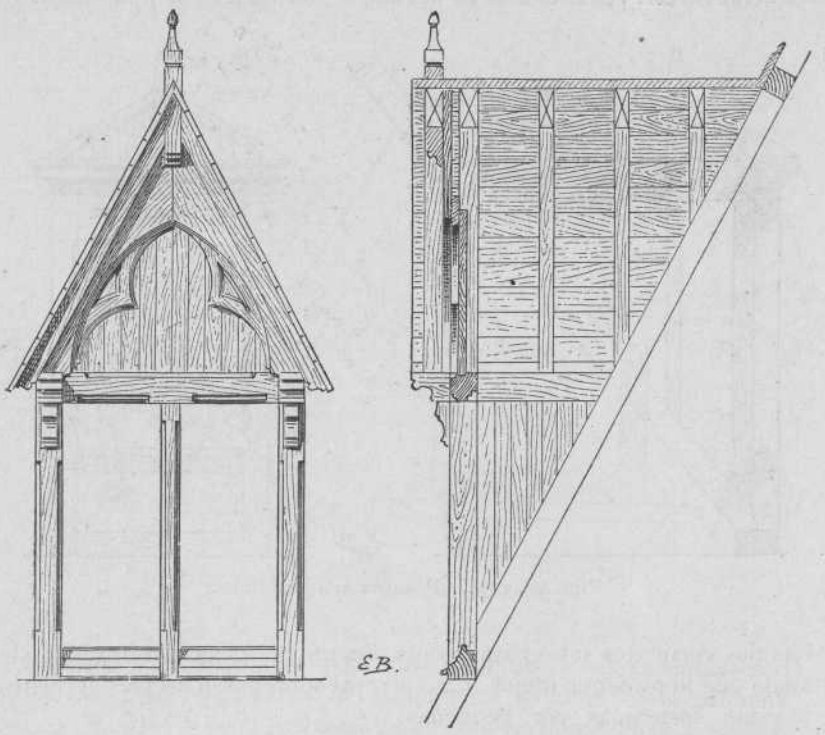


Fig. 803. — Buharda de «perro sentado».

Buhardas diversas. — La arquitectura resultante de lo que se ha llamado arte moderno puede no agradar a todo el mundo. No es menos cierto por ello que la gran libertad, sin trabas y sin preocupación de las formas clásicas, ha permitido a los artistas que se han consagrado a este arte naciente producir cosas muy bonitas, que, lo repetimos, pueden no ser del gusto de todos, pero son, sin embargo, a veces, muy decorativas, aunque no siempre sean absolutamente racionales. En efecto, la necesidad de crear algo nuevo, cuando

todas las formas han sido ya ensayadas con más o menos éxito, puede



Figs. 804 y 805. – Buharda de piñón.

conducir evidentemente a caer en la exageración y a torturar las líneas, separándose de los principios de la construcción inteligente, en la que toda pieza debe tener su función y toda forma responder al destino de la obra.

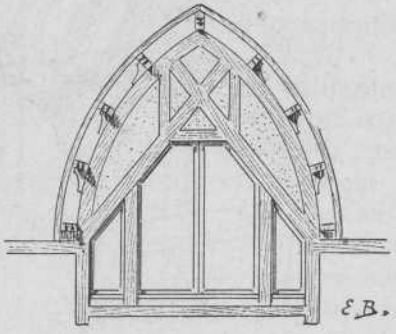


Fig. 806. – Buharda.

Sea como sea, he aquí dos modelos de buhardas tomadas de los «Elementos de Arquitectura moderna» de Sauvage y Sarazin, que quizá puedan ser de utilidad a nuestros lectores.

Nos limitaremos a indicar la disposición de las piezas de carpintería, admitiendo que las formas y dimensiones podrán variar según el edificio en cuya composición de conjunto deban entrar.

La figura 806 afecta la forma ojival, la cual, en la fuente de

donde la hemos tomado, es mucho más esbelta y se aproxima más a la ojiva apuntada.

Una agradable ornamentación del mismo estilo acompaña a esta estructura, pero la hemos eliminado, para encerrarnos completamente en los límites de la parte de construcción que forma el asunto de esta obra.

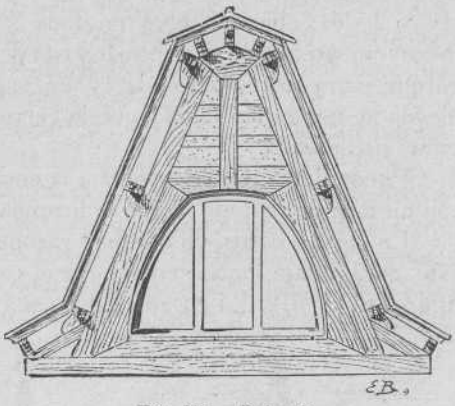
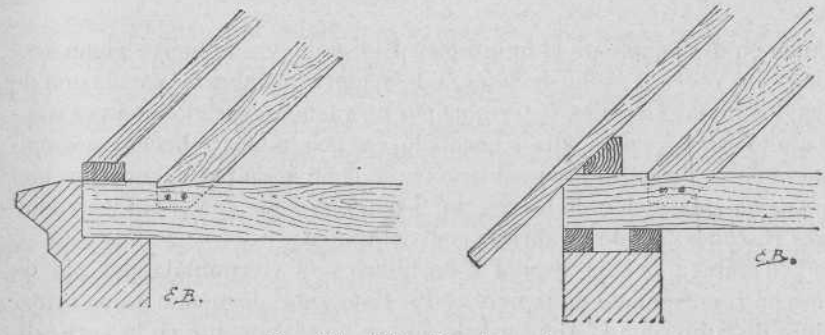


Fig. 807. — Buharda.

La figura 807 nos ofrece una variante en forma de piñón truncado, con acompañamiento de curvas afortunadas, cuyo dibujo indica suficientemente el partido que puede obtenerse de ellas y la forma de construcción.

Detalles de construcción de las cubiertas

Pies de cuchillo de madera.—Lo más sencillo, cuando se trata de hacer el pie o extremo base de una cubierta, consiste en apoyar el tirante directamente sobre el muro y ensamblar el par a este tirante por medio de una ensambladura de caja, espiga y barbilla (fig. 808). La barbilla, haciendo apoyo directo sobre el corte vertical del tirante,



Figs. 808 y 809. — Pies de cercha.

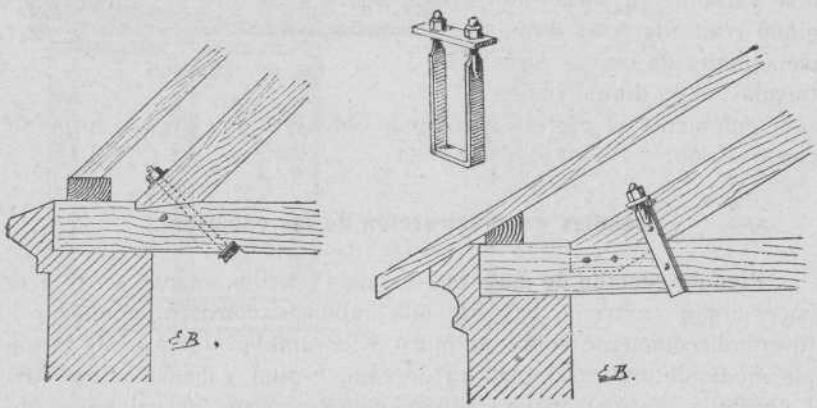
alivia mucho el trabajo de la espiga. Sobre el tirante se coloca la solera o plataforma a la que se fijan los cabios.

A veces, en lugar de reposar en el muro, el tirante está colocado sobre una o dos piezas de cierta longitud que permiten la circulación del aire y colocan la *entrega* del tirante en buenas condiciones de conservación (fig. 809). La ensambladura del par con el tirante se hace

como en el ejemplo anterior, a caja, espiga y barbilla. La solera que se indica en la figura puede no ir labrada en bisel más que en el punto de apoyo de los cabios, o bien en toda su longitud, lo que no presenta inconveniente desde el punto de vista de la resistencia, en primer lugar porque esta pieza va apoyada, y en seguida, porque una pieza escopleada no tiene más fuerza que la correspondiente a su sección en el punto escopleado.

Puede darse mayor solidez a la ensambladura del par con el tirante con un tornillo pasante, como indicamos en la figura 810.

En ciertos casos, en que hay razones para querer reforzar aún más este ensamblaje, puede emplearse el estribo que representamos en las figuras 811 y 812. La ensambladura se hace a caja, espiga y barbilla,



Figs. 810 a 812. – Pies de cercha.

como en el ejemplo de la figura 808. El estribo es de hierro plano acodado dos veces al ancho de la pieza de madera que abraza, y cada una de las dos ramas laterales se termina por un vástago roscado; una vez colocado el estribo en su sitio y encajado en una muesca hecha, normalmente a su dirección, bajo el tirante, se pone en la parte superior una pequeña guarnición de hierro con dos agujeros de paso para los vástagos roscados, donde se aprieta con sus tuercas.

También de caja, espiga y barbilla es el ensamblaje del pie de cercha representado en la figura 813. Este está destinado a una armadura de cubierta a la Mansard, lo que se ve claramente en la verticalidad del par. Con este motivo, haremos observar que, siendo casi nulo el empuje por consecuencia de la posición del par, puede bastar la ensambladura de caja y espiga sin necesidad de practicar el embarbillado.

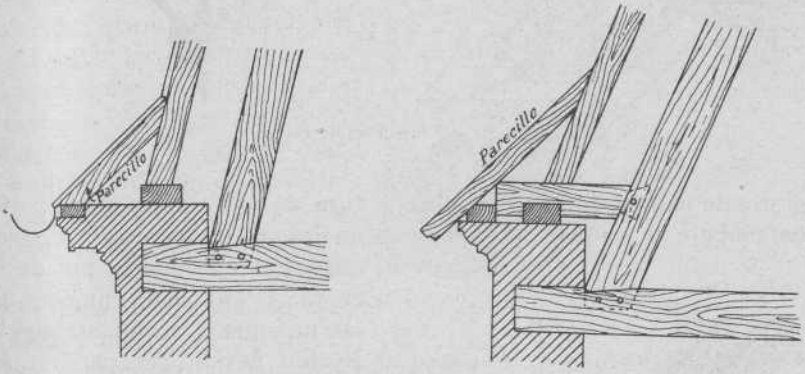
Se observará que el tejado está levantado por abajo por *ristreles* o *parecillos* fijos en cada cabio.

La figura 814 da un pie de cercha en el que encontramos de nuevo

el mismo ensamblaje para unir el par al tirante. Pero aquí se ha querido fijar por completo la solera, y para ello se ha colocado enfrente del par un pequeño nudillo ensamblado a cola de milano y que está escopleado para coger la solera; sobre el nudillo va ensamblado un cabio para cargarlo e impedir que se levante.

Por tener la cubierta una inclinación muy grande, se han dispuesto ristreles con objeto de que proyecte las aguas lejos del muro.

Cuando el tirante está compuesto de dos cepos y el punto de apoyo es un muro, como en el ejemplo de la figura 815, el par se entalla ligeramente y lo mismo los cepos. Las tres piezas van fuertemente cogidas por un perno, y el apoyo se hace sobre una pieza de madera colocada longitudinalmente sobre el muro; como muestra nuestro dibujo, la

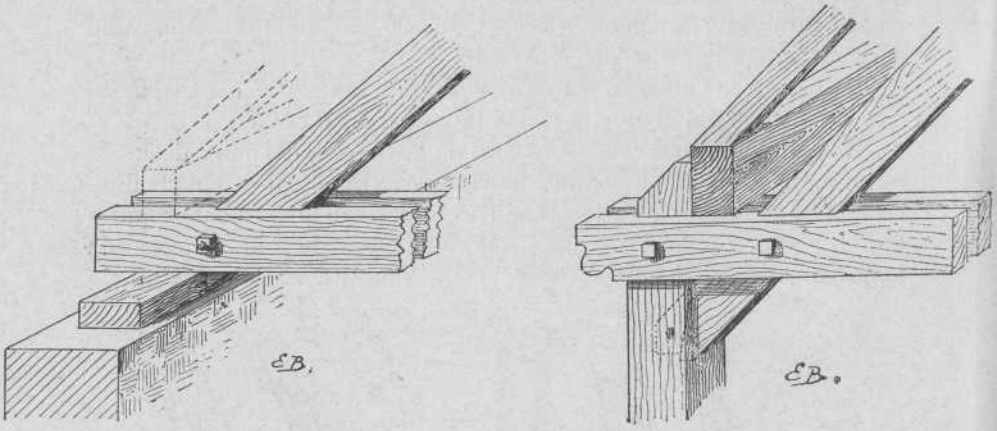


Figs. 813 y 814. — Pies de cercha.

extremidad del par está entallada para apoyarse sobre esta solera. Frecuentemente, para dejar más madera al cepo por fuera de la entalladura que recibe el par, para mayor resistencia, se prolonga algo este cepo hasta donde se encuentre recubierto y protegido de la lluvia por el alero. Bien entendido que, en este caso, los cabios se continúan en cierta longitud fuera de la solera.

Un cuchillo de armadura puede también apoyarse sobre pies derechos; en este género de construcción, los cepos que forman el tirante están ensamblados por entalladuras y cogidos por pernos al par y al pie derecho, como muestra la figura 816. El par está enteramente fijo entre los cepos por las entalladuras practicadas en éstos y en aquél, no siendo posible el deslizamiento en ningún sentido; la ensambladura de los cepos con el pie derecho, efectuada por el mismo procedimiento, presenta toda la seguridad apetecible. Después de pasar entre los cepos, el par continúa para ensamblarse a caja, espiga y barbilla con el pie derecho. Se deben hacer pasar los cabios hacia afuera, para que queden abrigadas las extremidades de los cepos.

Cuando, a consecuencia de la necesidad de utilizar el espacio interior de una cubierta, precisa hacer el apoyo de los pares más alto que



Figs. 815 y 816. — Pies de cercha.

el tirante natural debido a las vigas o viguetas del piso, se anula parte del empuje de los pares por medio de un tirante elevado, es decir, colocado más alto que el pie de la cercha. Pero queda entonces un cierto empuje resultante de la posible flexión del par en su parte inferior al ensamblaje de dicho tirante, y para combatir este empuje, en lo posible, se ha recurrido a una disposición por el estilo de la que damos en la figura 817, en la que el par se apoya sobre el muro ensamblado a un cepo corto llamado *nudillo*. Este nudillo une el pie del par a un tornapunta que parte de la intersección del tirante alto con el par y se une inferiormente con la viga o vigueta del suelo correspondiente a la cercha.

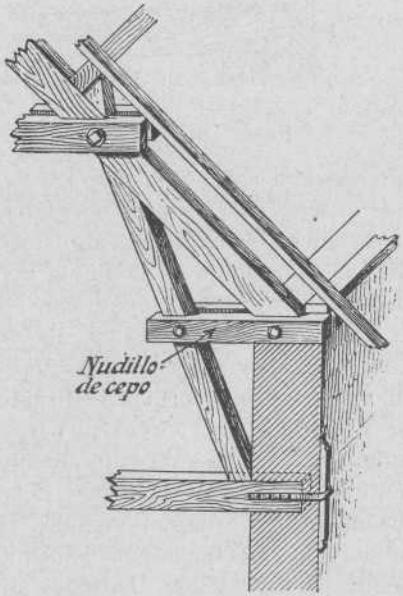


Fig. 817. — Pie de cercha.

Ocurre entonces que, si el tramo inferior del par produjese un empuje, se traduciría por una tracción en el nudillo que tendería a flexar el tornapunta; éste, a su vez, operaría una tracción sobre el tirante alto y sobre la viga baja

a la cual está ensamblado. Por otra parte, el empuje sólo puede producirse en el caso de que el par sufra una flexión a consecuencia de un hundimiento de la parte de cubierta limitada horizontalmente por el tirante elevado. Pero este hundimiento es imposible, puesto que el tornapunta, trabajando a compresión, refiere la carga a la viga y, por tanto, al muro.

La figura 818 nos ofrece una disposición empleada antiguamente con mucha frecuencia para asentar el pie del par. Ensamblado al tirante, como se ve en el dibujo, el par está aliviado además por un pilarejo que equilibra la carga de un modo más uniforme y más estable sobre la testa del muro.

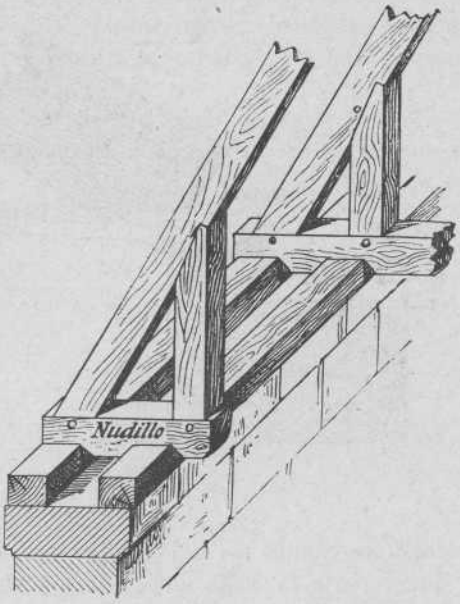


Fig. 818. — Pie de cercha.

Pies de cercha de madera y hierro. — Estando el par constituído por una pieza de madera y siendo metálico el tirante, la dificultad reside en el amarre del extremo del tirante al pie del par con objeto de impedir la separación de este último y su empuje en el vacío. Muchos procedimientos se han empleado para conseguir este ensamblaje, y uno de los más sencillos es sin duda el que representamos en la figura 819, que consiste simplemente en proteger la cabeza del par con una escuadra de dos codos taladrada para permitir el paso de la extremidad roscada del tirante, que se puede tensar por medio de una tuerca. Hemos indicado el apoyo sobre una solera, pero esto no es siempre indispensable, sobre todo si la mampostería es buena y presenta un asiento suficiente y bien plano y liso.

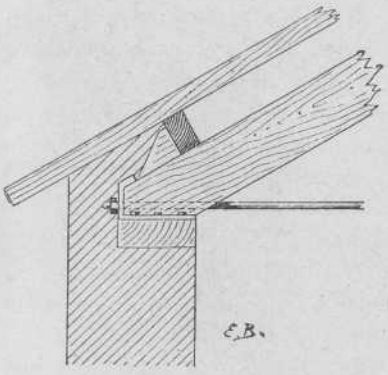
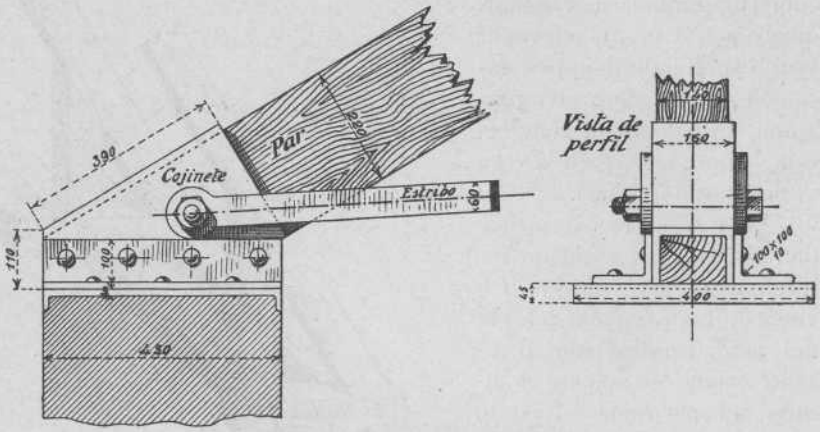


Fig. 819. — Cercha de madera y hierro.

Con un cojinete de palastro y angulares y una horquilla que lo une al tirante, tenemos la disposición indicada en las figuras 820 y 821. El

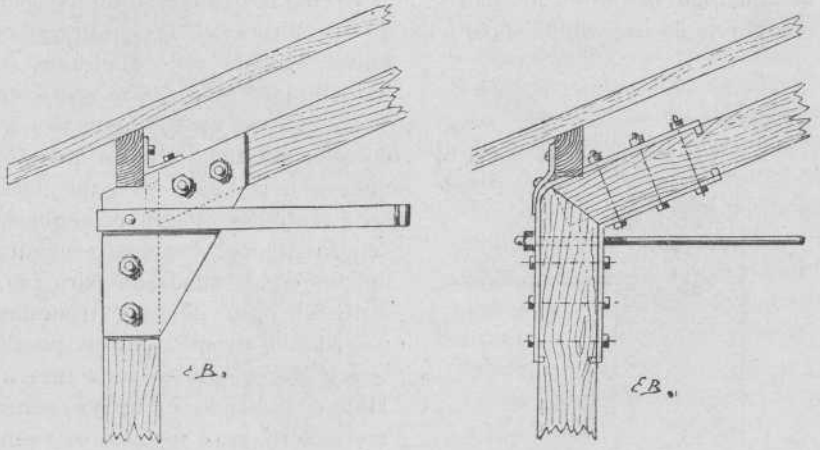
cojinete está compuesto de una chapa cortada a voluntad, acodada y unida por remaches a dos angulares; otra chapa de un ancho igual al espesor del muro, acodada o provista también de cantoneras, se rema-



Figs. 820 y 821. — Pie de cercha de madera y hierro.

cha a las cantoneras del cojinete y constituye una plancha de apoyo, que reparte la carga sobre una superficie de mampostería suficiente. La figura 821 da una sección hecha por las dos ramas de la horquilla.

En el caso de apoyo sobre un pie derecho, se pueden ensamblar éste y el par por medio de dos chapas laterales, o mejor aún con una



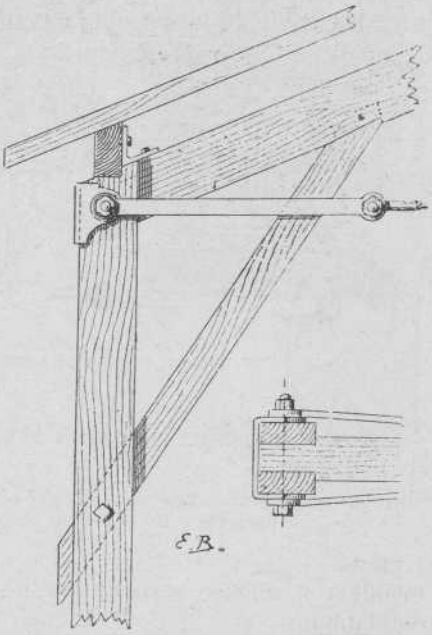
Figs. 822 y 823. — Pies de cercha mixta.

chapa acodada formando los dos lados y la parte posterior del pie derecho, en cuyo lugar se ejercerá el esfuerzo debido a la tracción del tirante (fig. 822). En la parte superior de la base del par, una escuadra

permite fijar sólidamente la solera a la cabeza del pie derecho; conforme se indica en puntos, el par está ensamblado a caja y espiga con el pie derecho; el conjunto está además consolidado por pernos.

Hemos previsto el tirante de dos piezas, porque esta disposición permite de paso aprisionar el pendolón y las otras piezas de la cercha que se encontrasen en la misma línea.

También sobre pie derecho, la base de cercha, figura 823, se recomienda por su sencillez. Dos trozos de pasamanos, provistos de talones, colocados por encima y debajo del par y ensamblando éste al pie derecho, se aprietan con pernos como indica nuestro dibujo. El tirante atraviesa las dos chapas y el pie derecho y se sujeta detrás de éste por medio de una tuerca. La solera se mantiene en su sitio por una patilla fija a la brida acodada superior, por un tornillo-rosca de metal, o un remache, si se prefiere.



Figs. 824 y 825. — Base de cercha mixta.

Un ejemplo más, en el cual el pie derecho está formado por dos maderos, arriostrados de trecho en trecho, se presenta en las figuras 824 y 825. Un verdadero estribo abraza el pie derecho sobre el cual viene a tope el par y está unido al tirante por una horquilla compuesta de dos hierros planos terminados por ojos para el paso de los pernos. Estos orificios ensanchan la sección para conservar por lo menos tanta materia resistente como en el resto de la sección de las barras que forman la horquilla.

La solera va fija con una escuadra como en el ejemplo de la figura 822. Un tornapunta, ensamblado al par a caja y espiga, pasa entre las dos ramas de la horquilla y se ensambla, rebajado, entre los dos maderos que forman el pie derecho, donde queda sujeto por un perno.

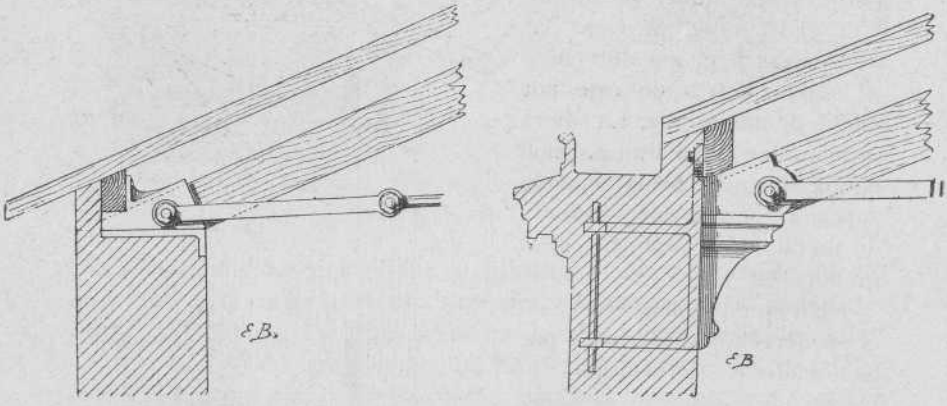
La figura 825 da una sección horizontal de la cabeza del pie derecho; se ve que las dos ramas de la horquilla se aproximan para unirse al tirante.

Bases de cerchas de madera y fundición.—El empleo de la fundición en los ensamblajes, en general, no puede convenir más que en construcciones importantes, donde entra un número bastante grande

de piezas semejantes para que los gastos ocasionados por los modelos se repartan, resultando muy reducidos por unidad.

Nuestro primer ejemplo de este género (fig. 826) es algo parecido al cojinete de palastro representado en la figura 820. El cojinete o contera viene de fundición con una cavidad en la que entra el par y está perforado para el paso del perno que ha de fijar las ramas de la horquilla. La escuadra destinada a mantener la solera es de fundición igualmente; como indica el dibujo, este cojinete está completo en sí mismo y no lleva piezas agregadas.

Más complicado y seguramente menos práctico es el cojinete de fundición que representamos en la figura 827. Está en forma de



Figs. 826 y 827. — Pies de cercha de madera y fundición.

modillón y sólo se sostiene por los dos empotramientos que se ven en el dibujo.

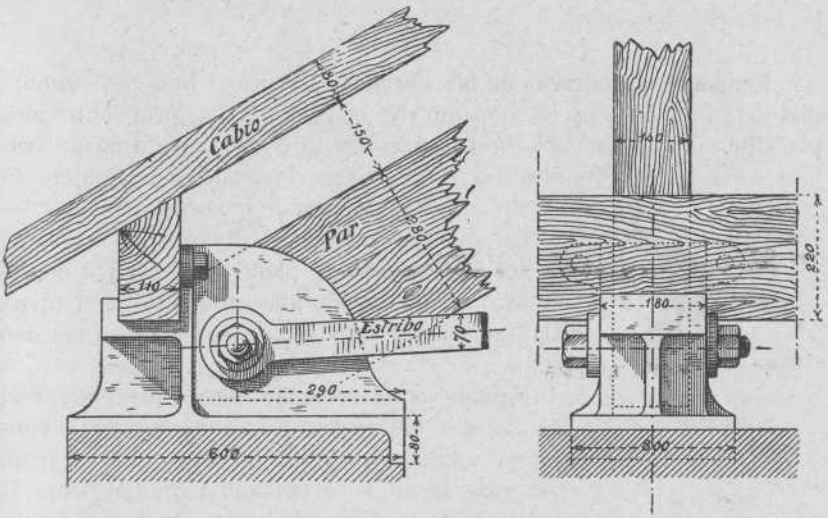
Si se considera que, en el momento de izar y colocar la cercha, ésta se encuentra ya enteramente armada y que los cojinetes forman parte de su conjunto, se comprenderá que corren algún riesgo unas piezas hechas de un material tan frágil al choque como es la fundición. Aparte esta observación, el pequeño modillón moldurado que forma el cojinete puede producir un efecto satisfactorio.

La unión de la horquilla del tirante se hace por medio de un perno, y la patilla que sostiene la solera viene también de fundición con el cojinete. No hay más pieza movible que el ancla.

Una forma bastante feliz es la que damos en las figuras 828 y 829. Nos parece muy racional, apoya bien sobre el muro y no presenta partes demasiado frágiles. La solera encuentra en este cojinete un apoyo excelente, fijándose, además, cuando convenga, por dos orejillas con tornillos.

Si se quiere, puede hacerse un talón a cada lado del muro; dado el peso de la cercha, esto equivaldría a un anclaje. El par apoya bien

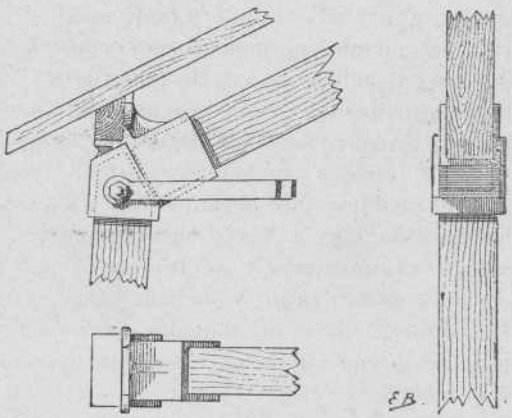
en el alojamiento que tiene en el cojinete y está atravesado por el perno de sujeción del tirante.



Figs. 828 y 829. — Pie de cercha de madera y fundición.

La figura 829 es una vista por el frente del cojinete, cortando el cabio.

Con el ejemplo representado en las figuras 830 a 832, vemos una aplicación del cojinete de fundición a una armadura sostenida por pies derechos.



Figs. 830 a 832. — Pie de cercha mixta.

Apresurémonos a decir que sería muy peligroso confiar en este cojinete para dar al ángulo la rigidez necesaria y conservar al pie derecho su posición vertical, pues para esto es necesario poner un jabalcón, como hemos visto en la figura 824.

El cojinete de que se trata forma dos cajas, en las que vienen a alojarse el par y el pie derecho, previamente labrados según la forma exacta del hueco de las cajas, cuyos huecos deben tener las mismas dimensiones de la sección de las piezas que

han de recibir. La solera, como en los casos anteriores, está mantenida por una escuadra fundida con el cojinete.

La horquilla del tirante está igualmente construída y fija como en los ejemplos anteriores.

Ensamble de correas en las cerchas.—El procedimiento primordial para fijar una correa sobre un par consiste en apoyarla contra una pieza de madera llamada *ejión,* especie de taco corto en forma de trapecio (fig. 833), que se clava al par con objeto de impedir el deslizamiento de la correa.

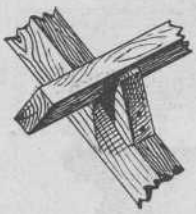


Fig. 833.
Unión de la correa al par.

En muchos trabajos ordinarios, el ejión se coloca simplemente de plano sobre el par donde se clava; en un trabajo más cuidadoso, se embarbilla ligeramente en el par, como se ve en nuestro dibujo.

Aunque poco frecuente, puede presentarse el caso de que sea preciso recalzar la correa, levantándola sobre el par. Se recurre entonces a un ejión más largo y escopleado para que bajo la correa quede un cierto espesor de madera y la mantenga a una altura conveniente por encima del par (fig. 834). El ejión, embarbillado, no puede resbalar, y la carga de la correa se opone al basculamiento. Además, va clavado, como se acaba de decir.

En la carpintería de la edad media, los ejiones se ensamblaban a los pares a caja, espiga y barbilla, y se enclavijaban como indica nuestro dibujo, figura 835. Esto era tanto más racional, cuanto que con las cubiertas de mucha inclinación era de temer se levantase el ejión a consecuencia del empuje de la correa.

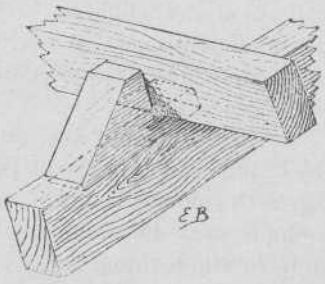
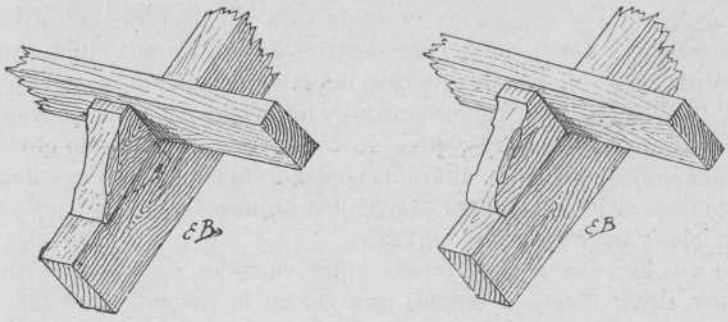


Fig. 834.
Correa recalzada por el ejión.

Los ejiones suelen ser difícilmente visibles. No obstante, se les ha querido dar a veces una forma menos rudimentaria y se les ha recortado, moldurado y achaflanado. Las figuras 836 y 837 dan dos ejemplos de lo que puede hacerse para decorar un poco este elemento de las cubiertas.

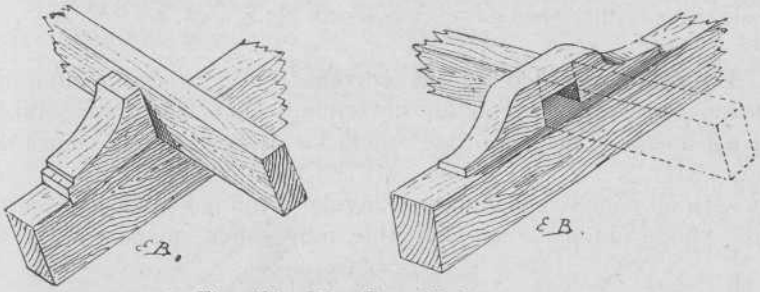
Siempre con la preocupación de impedir el vuelco del ejión y de fijar la correa, se ha procedido como indicamos en la figura 838, en cuya disposición el doble ejión y la correa están escopleados a media madera. El ejión puede ir entonces clavado por encima y debajo de la correa, que se encuentra así aprisionada y no puede desplazarse en ningún sentido.

Otro sistema de fijación de la correa se representa en la figura 839. Se compone de dos piezas ligeramente rebajadas acopladas a ambos



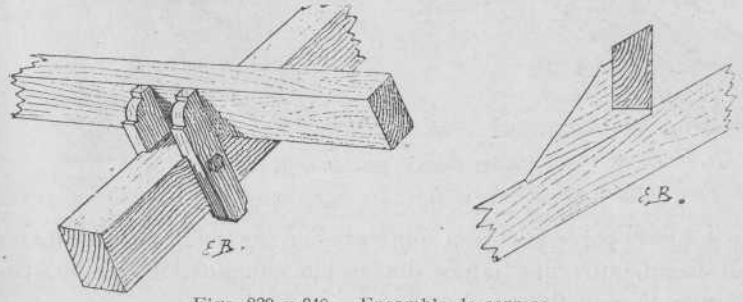
Figs. 835 y 836. — Ensambles de correas.

lados del par y empernadas a éste. La escopleadura les impide volcarse y mantienen la correa en su posición normal.



Figs. 837 y 838. — Ensamble de correas.

Ocurre a veces que se quiere poner la correa no perpendicular al par, sino verticalmente, en la dirección de los esfuerzos que ha



Figs. 839 y 840. — Ensamble de correas.

de soportar. Entonces se da al ejión la forma que indicamos en la figura 840. Como en los ejemplos que preceden, se puede poner este

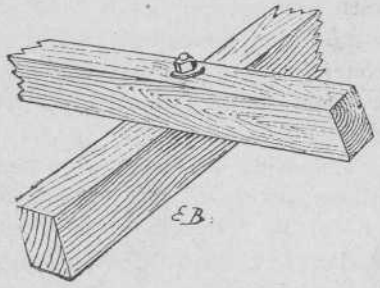
ejión simplemente clavado o embarbillado y clavado, como indica el dibujo.

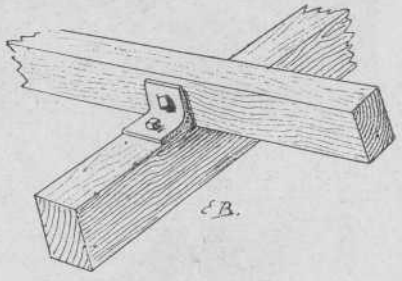
Se han ensamblado también las correas al costado de los pares por medio de cajas y espigas; a veces la cara superior de la correa se encontraba por debajo de la cara superior del par en una altura igual a la de un cabio; el par en este caso debía tener una altura igual por lo menos a las de correa y cabio sumadas y hacía oficio de cabio para soportar el material de cubierta; pero se comprende que, cuando el par no cumplía esta condición de altura, la correa formaba saliente por debajo, y esta disposición sólo podía convenir a algunas cubiertas con piezas especiales para soportar las correas.

La colocación de las correas entre cuchillos es más bien defectuosa y, desde luego, se emplea rara vez en la carpintería de madera, porque este sistema hace forzosamente más difícil el montaje. En efecto, a menos de ensamblar las correas por medio de escuadras, como se practica en la construcción metálica, no se podría impedir que se debilitara el par por las mortajas indispensables; y en los pares, sometidos por las correas a un esfuerzo de flexión, es precisamente donde estas reducciones de sección serían peligrosas.

Ensamble metálico de las correas. — Un procedimiento muy sencillo consiste en prescindir del ejión y fijar la correa sobre el par por medio de un perno que sujeta las dos piezas una contra otra (figura 841).

Con un ejión hecho de hierro angular y fijo por medio de un tornillo, puede obtenerse un ensamble muy sólido, fijando a la vez el



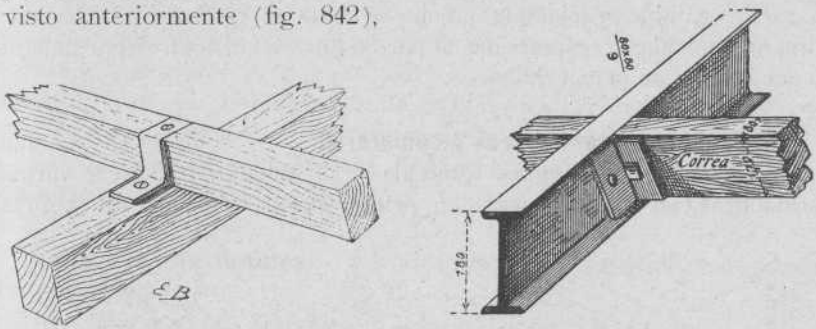


Figs. 841 y 842. — Ensamble de correas.

ejión sobre el par y la correa sobre el ejión (fig. 842). Si fuese de temer un deslizamiento o una fatiga demasiado grande del tornillo, podría embutirse la escuadra en el par.

Otra unión del mismo género se verifica por medio de un hierro en **Z** (fig. 843). El hierro, también en este caso, va fijo por tirafondos al par y a la correa.

Ensambles de correas de madera sobre pares de hierro.—Cuando se quiere ensamblar una correa de madera sobre un par de hierro, puede procederse como hemos visto anteriormente (fig. 842),



Figs. 843 y 844. — Ensambles de correas.

poniendo la correa sobre el par y fijándola a él con una escuadra de hierro que haga de ejión.

La correa puede colocarse normalmente al par o tomar la posición vertical indicada por el ejemplo figura 840.

Lo más corriente es ensamblar una correa de madera a un par de hierro, en el espesor de éste, por medio de escuadras empernadas (figura 844). Estas escuadras pueden ponerse a un solo lado de la correa, en la parte baja, naturalmente, y remachadas al par. Cuando la correa va cogida entre dos escuadras, la de arriba se fija al par, después de puesta la correa, por medio de uno o dos pernos, según la mayor o menor altura del par.

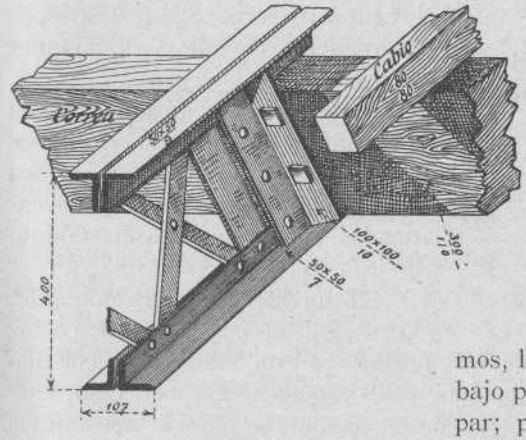


Fig. 845. — Ensamble de correas

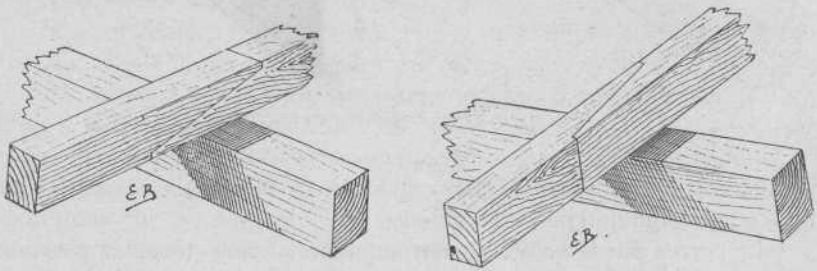
Cuando hay una correa a cada lado del par, que es lo corriente, salvo en los pares extremos, las escuadras del lado más bajo pueden remacharse a dicho par; pero las otras, con objeto de facilitar la colocación de las correas, no deben ensamblarse con pernos sino cuando éstas estén en su posición definitiva.

Si los pares son de gran altura, como pasa, por ejemplo, en los de celosía, la correa se coloca en un punto determinado por las alturas respectivas de correa y par. En el ejemplo que ofrecemos, la correa,

de una altura bastante grande, debida a su gran luz, enrasa la parte inferior del par; la diferencia de alturas queda compensada por la de los cabios (fig. 845).

El ensamble propiamente dicho se obtiene por medio de escuadras remachadas o empernadas al par, según se encuentren por debajo o por encima de la correa.

Empalmes en las correas y cumbreras. — Se comprende que las correas tienen una longitud limitada y no pueden franquear varias armaduras con una sola pieza; en primer lugar, porque esto exigiría



Figs. 846 y 847. – Empalme de correas.

maderas muy largas, y después porque su transporte y colocación serían más difíciles. Además, cuando se procede al montaje, se utiliza la hilera y una o varias correas para mantener en su lugar los cuchillos ya colocados. Por estas razones, se da ordinariamente a las correas una longitud correspondiente a la separación de los cuchillos y las juntas se hacen sobre los pares.

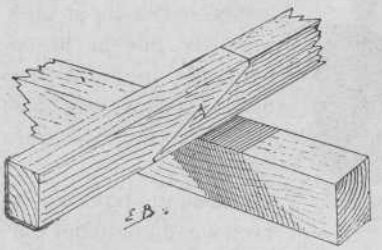


Fig. 848. — Empalme de correas.

Estas juntas o empalmes son los que vamos a examinar y, para hacer más claras las figuras, suprimimos en nuestros dibujos los ejiones destinados a impedir el deslizamiento de las correas.

No olvidemos decir, ante todo, que cuando las correas pueden estar destinadas a sufrir un esfuerzo de tensión, es prudente unirlas por una brida de talones fija a la madera por tirafondos. En todo caso, esta precaución es indispensable cuando el empalme se hace a tope con los cortes rectos.

Ordinariamente, se hace la junta como indicamos en la figura 846, por medio de un corte en pico de flauta, reposando una pieza sobre otra, o una contra otra, como en la figura 847. Estos dos ensambles son buenos con la precisa condición de ir sólidamente sujetos al par.

El empalme de rayo de Júpiter, ajustado exactamente (fig. 848),

constituye una buena junta de correas. Pueden, desde luego, emplearse todos los ensambles que se usan para la unión por los extremos de piezas susceptibles de sufrir un esfuerzo de tracción, pero en el caso particular de las correas, éste pareçe presentar todas las garantías indispensables. No obstante, como puede ser que los cortes no se hayan hecho con una gran precisión, se podrá completar este ensamble con una llave, conforme hemos mostrado en la figura 117.

Las correas pueden ir también empalmadas a media madera según el corte indicado en la figura 114. Estas correas van sostenidas por ejiones para evitar el deslizamiento.

Ensambles de tirantes. — Para los tirantes de madera, se ensamblan sus extremos:

1.° *Sobre un pie derecho.*—Como se indica en las figuras 78 a 81, cuando el tirante es de cepo; por cabeza, a caja y espiga, como en las figuras 22 y 23, siendo la pieza *a* el pie derecho y la *b* el tirante, cuando éste es de una sola pieza.

2.° *En el vano.* — Según se indica en la figura 152, con taco intermedio, dientes, llaves y pernos, cuando el tirante es de cepo; según los procedimientos de ensamble que dan las figuras 117 a 122 y 144, 145, cuando el tirante es de una pieza, es decir, no está compuesto de dos cepos.

Más adelante veremos su ensamble al pendolón.

Cuando el tirante es de hierro, su unión al pie de la cercha se verifica mediante una horquilla de dos ramas unida a uno de sus extremos. Este ensamble conviene cuando el apoyo se hace sobre un cojinete metálico, hierro o fundición, y hasta cuando el pie derecho y el par van

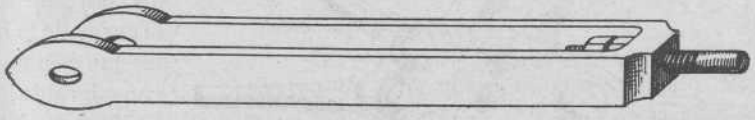


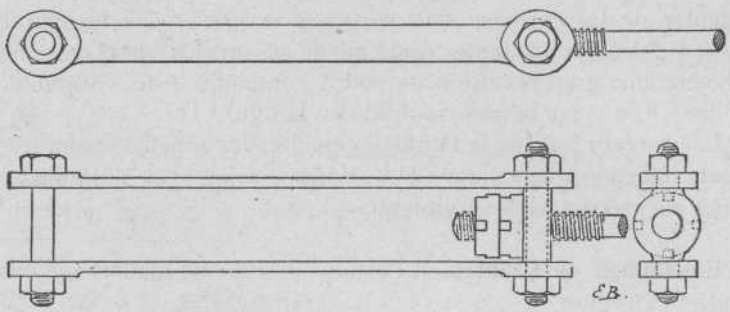
Fig. 849. — Horquilla.

ensamblados por *carrilleras* de palastro. Si fuese preciso ensamblar directamente a la madera, sería preferible disponer de un estribo de cuatro lados que, en su extremo, abrazaría el pie derecho. Como muestra la figura, el tirante está roscado y sujeto por dos tuercas, lo que permite regular exactamente la separación de los pares.

La horquilla puede también estar formada de varias piezas, como la que representamos en las figuras 850 a 852. Sólo conviene para una cercha que lleve un cojinete metálico o carrilleras de palastro, como el ejemplo anterior.

La figura 850 representa la horquilla en elevación. Como se ve en planta (fig. 851), los extremos van reforzados al paso de los pernos. La parte terrajada del tirante se introduce en un orificio de paso practicado

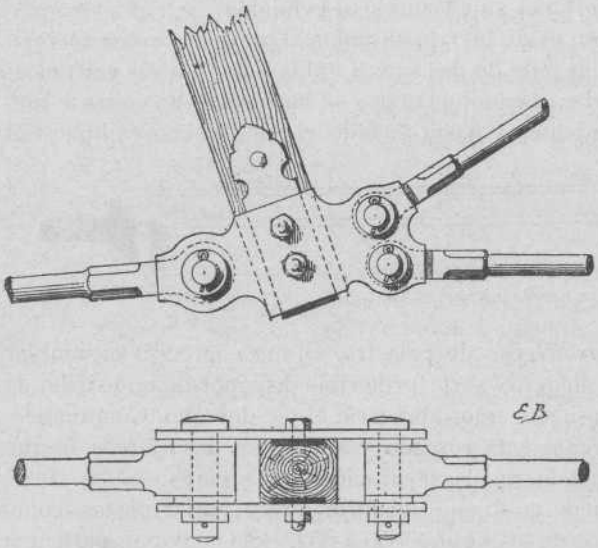
en una pieza que lleva dos vástagos roscados, como se ve en la figura 852. La tensión se gradúa por la tuerca y la contratuerca.



Figs. 850 a 852. — Horquilla.

Un ensamble interesante en una estructura de madera y hierro del sistema Polonceau, como la que nos ocupa, es el que une la biela a los tirantes.

En cuanto al metal, no hay ninguna dificultad, pero en la madera hay que temer que los pernos rajen la biela. Mientras el aprieto sea enérgico, todo va bastante bien, pero al secarse la madera y contraerse, las placas de unión no operan la presión suficiente sobre la biela de madera. Resulta de aquí que toda la carga de la biela, que es a veces considerable, insiste sobre el perno, que forma cuchillo, poco afilado si se quiere, pero cuchillo al fin, y que corta la pieza y la obliga a rajarse.

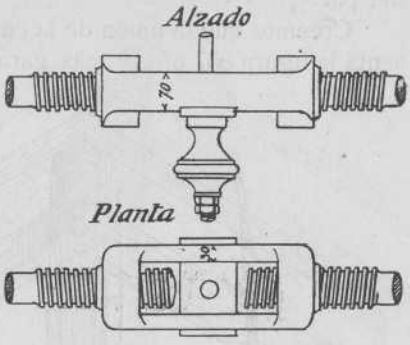


Figs. 853 y 854. — Unión de biela y tirantes.

Para evitar este peligro, que podría comprometer toda la obra, se puede y hasta se debe emplear la especie de armadura que representamos en las figuras 853 y 854. Este procedimiento consiste en guarnecer el extremo de la biela con un verdadero

estribo en el que reposa su pie y que se fija con pernos al mismo tiempo que las placas. Para no tener entre éstas una separación demasiado grande, se rebaja la biela para dejar embutido el espesor de este estribo, y esto produce un apoyo suplementario que aporta su contribución a la seguridad.

El ensamble del tirante de hierro en el centro del vano se hace con un *tensor,* especie de manguito, cuyos extremos llevan orificios roscados en sentido contrario (figs. 855 y 856), lo que permite regular exactamente, en la medida que se desee, la longitud y, por tanto, la tensión del tirante.



Figs. 855 y 856. — Empalme de tensor.

Generalmente, estas cerchas llevan en su centro una aguja o péndola que tiene por función impedir el pandeo del tirante. Se hace pasar esta aguja por el claro del manguito y se decora su extremidad por un remate torneado, si se desea.

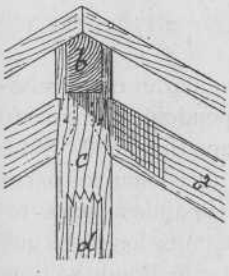
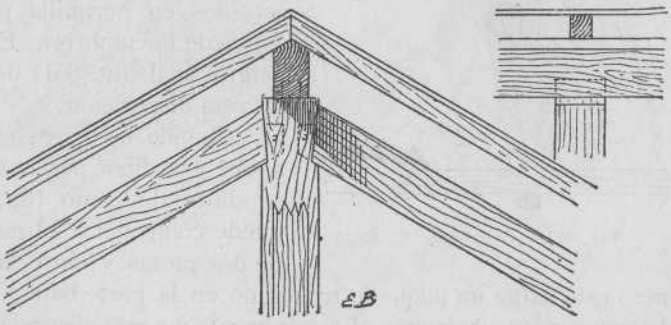


Fig. 857. — Caballete.

Vértices de cerchas (caballetes).—En una armadura de madera, los pares *a* se ensamblan a caja, espiga y barbilla con el pendolón *c;* este pendolón está cortado en horquilla para formar el asiento de la hilera *b,* que está sostenida y arriostrada por jabalcones que apoyan en el pendolón (fig. 857).

En las figuras 858 y 859 se representa otra forma de ensamble. El embarbillado está en sentido contrario porque el pendolón no se prolonga hacia arriba más

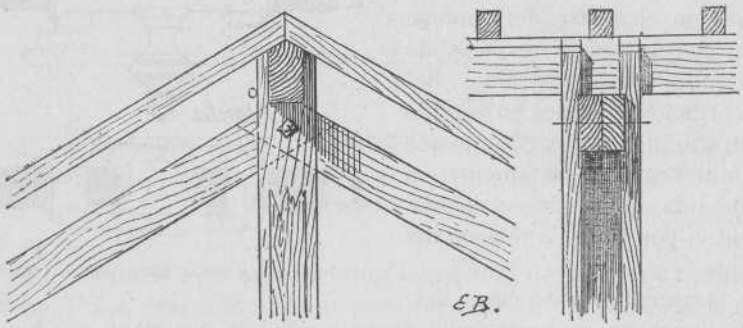


Figs. 858 y 859. — Caballete.

que por una espiga que se aloja en una mortaja practicada en la hilera.

Cuando el esfuerzo de tracción sobre el pendolón es importante, se debe hacer un doble embarbillado, por el orden del representado en la figura 88, con objeto de imponer menos fatiga a la espiga del par.

Creemos que la unión de la cumbrera y de los pares que representa la figura 857 ofrece más garantías de solidez. En todo caso, es



Figs. 860 y 861. – Caballete.

siempre prudente sujetar las ensambladuras con bridas o escuadras de talón.

La figura 859 da la vista lateral.

En ciertas estructuras, en las que los pares se enlazan en el caballete por cortes a media madera, se puede hacer el pendolón compuesto formando cepo (figs. 860 y 861). Estos cepos aprisionan los pares y van aproximándose para tomar contacto entre los cepos que forman el tirante, donde se fijan por medio de un perno; llevan una caja para recibir el pie del jabalcón, y por la cabeza están cortados en horquilla para el apoyo de la cumbrera. El corte longitudinal (fig. 861) demuestra esta disposición.

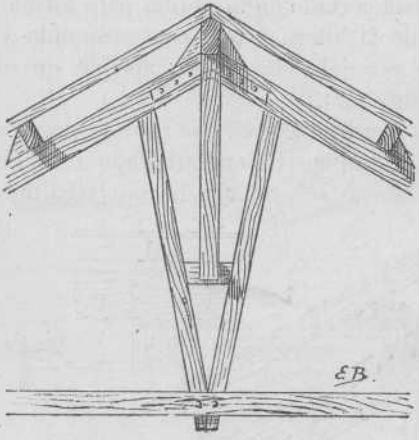


Fig. 862. — Caballete.

Cuando los pares se unen a tope y se fijan por una brida acodada de canto (fig. 862), puede componerse el pendolón de dos piezas y darle la forma de **V**, pero esto exige un pequeño travesaño en la parte baja para que sirva de apoyo a los jabalcones. La cumbrera, en esta disposición, se fija por medio de dos ejiones, como indica nuestro dibujo.

Estando estiradas las dos ramas del pendolón, deberán unirse a los

pares con bridas o estribos. Es más sencillo emplear francamente el pendolón ordinario.

Los caballetes de cuchillos mixtos, de madera y hierro, pueden hacerse sujetando los pares y el pendolón entre dos placas de palastro a las que se ensamblarán las piezas extendidas (fig. 863). Nuestro ejemplo es del sistema Polonceau, pero puede aplicarse a cualquiera otra cercha esta forma de ensamble.

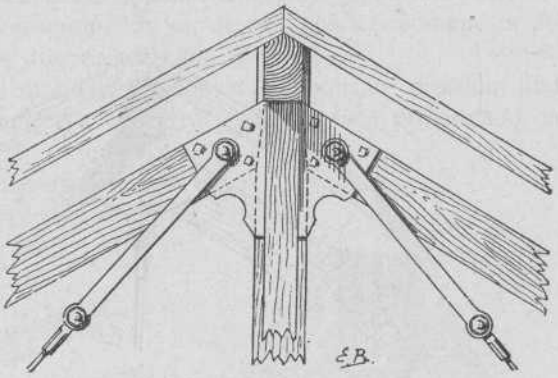


Fig. 863. – Caballete.

Con el ensamble de los pares en el caballete por medio de una pieza de fundición, se pueden enlazar los pares, sostener la hilera y encontrar el punto de suspensión de una péndola (fig. 864). La pieza de fundición, o cojinete, lleva dos

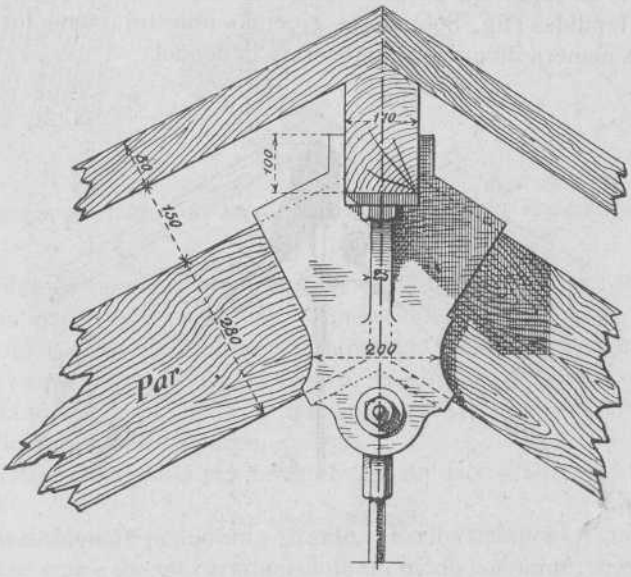


Fig. 864. – Caballete.

cajas cuyas dimensiones interiores corresponden a la sección del par, dos orejas inferiormente para la suspensión de la péndola y otras dos en la parte superior que sujetan la hilera como en una horquilla.

Admitido el principio, tenemos toda libertad para dar a este cojinete las formas que creamos más apropiadas. Es una ventaja de la fundición la de permitir, además de las formas forjadas o laminadas, todos los perfiles o detalles que puedan desearse, sin más suplemento de

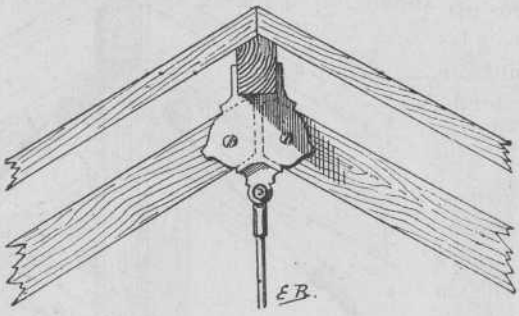


Fig. 865. — Caballete.

coste que el que representa la conección de un modelo más complicado (fig. 865).

Aplicado al sistema Polonceau, el caballete obtenido por medio de un cojinete de fundición permite también una buena sujeción de las piezas extendidas (fig. 866). Este ejemplo muestra, como los precedentes, la manera de unir la cumbrera y la péndola.

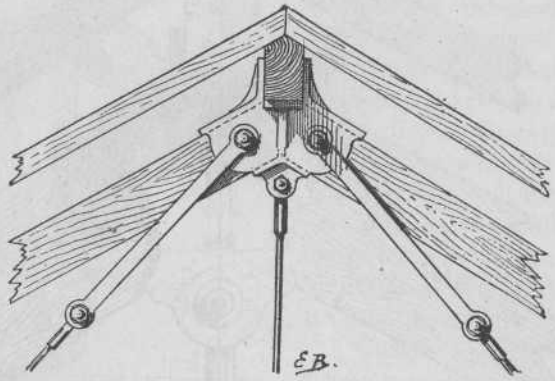


Fig. 866. — Caballete.

Volviendo a la madera, vamos a examinar la arista de quiebra de una armadura a la Mansard.

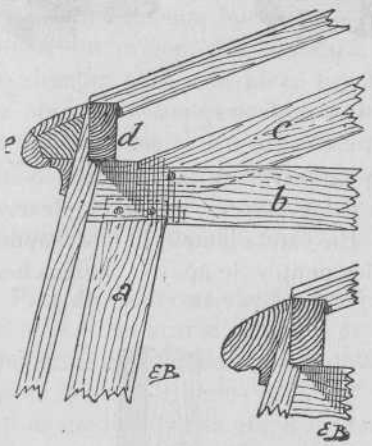
La cubierta se compone de un montante inclinado *a*, al cual se ensambla el tirante *b* y sobre éste el par *c*.

La correa de arista o quiebra *d* recibe por encima los cabios de la

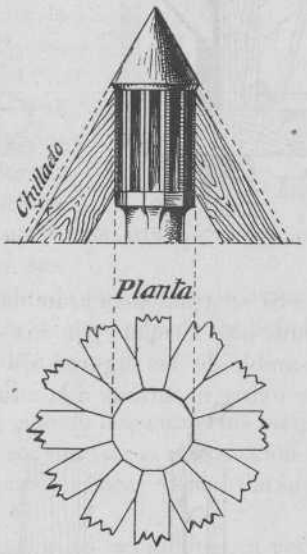
falsa cubierta, que tienen ordinariamente 7,5 × 7,5 cm. de sección, y lateralmente, los cabios de quiebra con una sección de 7,5 × 11 cm., pues llevan comúnmente un forjado (fig. 867).

La arista de intersección de ambas cubiertas va provista exteriormente de una moldura *e*, que puede ser de una pieza o compuesta de varias, si es de grandes dimensiones (fig. 868).

En las cubiertas piramidales o cónicas, el vértice presenta una punta de la misma forma. A veces, el pendolón está prolongado en remate de aguja, pero otras veces termina como indicamos en las figuras 869 y 870. Los pares de limatesa, en número de cuatro, ocho o más, se



Figs. 867 y 868.
Quiebra de cubierta a la Mansard.



Figs. 869 y 870.
Vértice de cubierta piramidal o cónica.

ensamblan al pendolón en mortajas practicadas en éste; en la parte superior, pares y mortajas van cortados en pico de flauta, de forma que aquéllos no puedan salirse lateralmente. Si no se quiere hacer esto, puede emplearse un aro de hierro, cuadrado, poligonal o circular, según la forma de la planta, y que coge todas las piezas contra el pendolón, impidiendo se separen.

La figura 870 da la planta en el caso de doce aristeros o pares.

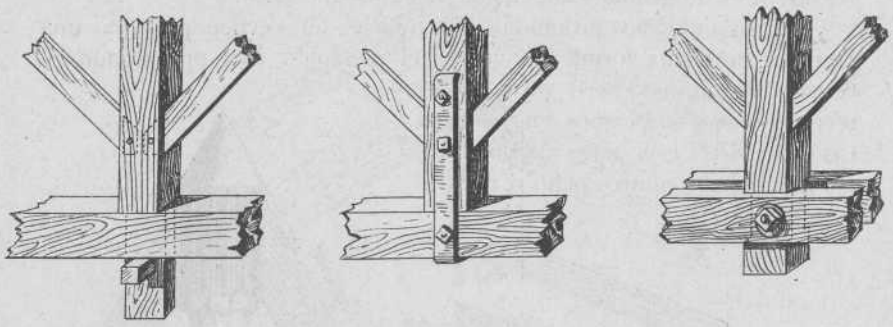
Ensambles de pendolón y tirante.—En los tiempos en que el hierro aún no se empleaba en carpintería de un modo corriente, se empleaban mucho las llaves y las clavijas. Un ejemplo es el ensamble de un pendolón a un tirante que damos en la figura 871.

El pendolón lleva una espiga que atraviesa el tirante y se prolonga por debajo, donde se le hace una caja para el paso de la llave.

En nuestros días se prefiere emplear el ensamble hecho por medio

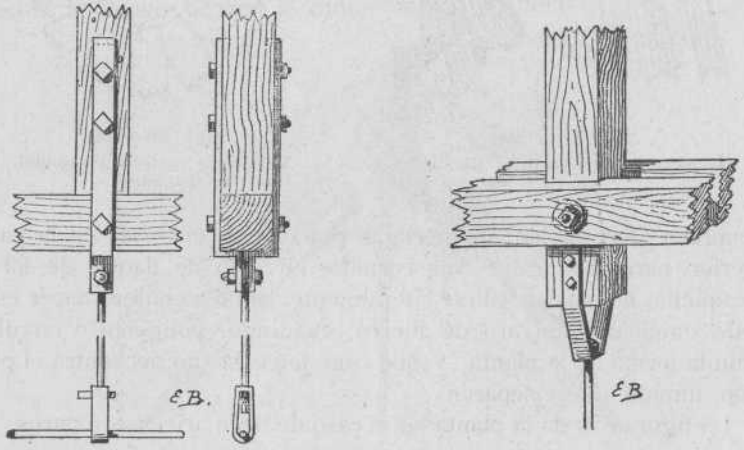
de un estribo de hierro, que se representa en la figura 872 y que ofrece mucha más seguridad.

Cuando el tirante se compone de dos cepos, se procede como indicamos en la figura 873. El pendolón y los cepos van ligeramente rebajados y el ensamble se completa con un perno.



Figs. 871 a 873. — Ensambles de pendolón y tirante.

Si se trata de ensamblar un pendolón a un falso tirante o a un tirante alto formado por una sola pieza de madera, puede emplearse el ensamble de las figuras 874 y 875. En este ejemplo hemos supuesto que existe un tirante a la altura de los puntos de apoyo y hemos hecho



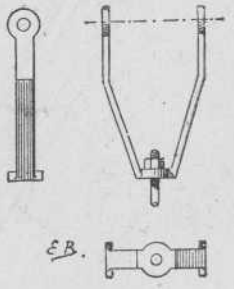
Figs. 874 a 876. — Ensamble de pendolón y falso tirante.

el estribo de dos piezas, de manera que se pueda suspender la péndola, la cual puede estar sometida a un trabajo efectivo o simplemente impidiendo la flexión del tirante.

La figura 875 es una sección del tirante en la dirección longitudinal de la cubierta.

Si el tirante está compuesto de dos cepos, el ensamble con el pendolón se hace como hemos visto en la figura 873, pero se añade a la prolongación del pendolón, bajo el tirante, una horquilla destinada a soportar la péndola (fig. 876).

Esta horquilla, suficiente para una aguja colgante, en el caso de estar ésta sometida a tensión por una carga, debería amarrarse más sólidamente al pendolón, ya perforándola para que el perno de enlace pudiera cogerla, ya haciéndole abrazar las dos piezas del tirante para introducir más arriba sus talones en la madera del pendolón y fijándola después con pernos, como en el ejemplo de la figura 874.



Figs. 877 a 879.—Horquilla.

Las figuras 877 a 879 representan tres proyecciones de una horquilla. No hay inconveniente en prolongarla y dotarla de talones, pues siempre será esta pieza bastante elástica para abrirse lo necesario y cerrarse de nuevo cuando los talones hayan penetrado en sus entalladuras. Si no se concede importancia a la forma, puede evitarse la mano de obra resultante de los ensanchamientos alrededor del ojo, empleando un hierro más ancho.

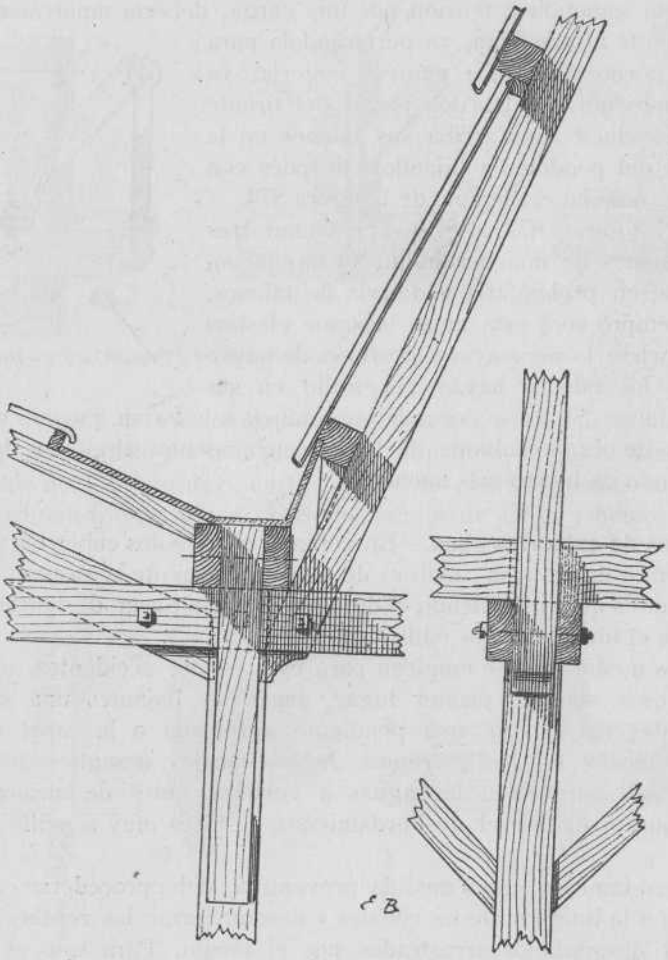
Pies de cubiertas shed.—En general, cuando dos cubiertas vienen a verter en una misma canal, es de temer seriamente la obstrucción de las bajantes que, impidiendo el desagüe, pueden hacer desbordarse el agua en el interior de los edificios.

Los medios que se emplean para evitar estos accidentes, a veces desastrosos, son, en primer lugar, dar a las bajantes una sección suficiente con exceso, una pendiente apropiada a la canal y, por último, poner en los extremos de las canales desagües de seguridad que obliguen a las aguas a verterse antes de alcanzar un nivel que provocase el desbordamiento. Esto es muy sencillo y muy eficaz.

Pero también, como medida preventiva, debe procederse con frecuencia a la limpieza de las canales y desembarazar las rejillas de las hojas y desperdicios arrastrados por el viento. Para esto es necesario que la operación se haga fácilmente y que un hombre pueda circular con comodidad por la canal. Esta debe presentar la mayor sección que sea posible, y todas estas cosas deben preverse en el momento de estudiar el proyecto, tomando las disposiciones que procedan.

Las figuras 880 y 881 nos muestran la parte de un grupo de cubiertas shed en que se encuentra la canal. La solera está hecha de dos cepos que se apoyan en los otros dos cepos que forman el tirante; todos estos cepos van empernados a la cabeza del poste. El tirante aprisiona

los dos pares y los cepos de la solera sujetan los jabalcones; todos los ensambles están hechos con rebajes. La canal, formada de tablas y guarnecida de chapas de zinç o plomo, reposa, por su fondo, sobre los dos cepos de la solera; por los lados: a la izquierda, en los cabios, y a



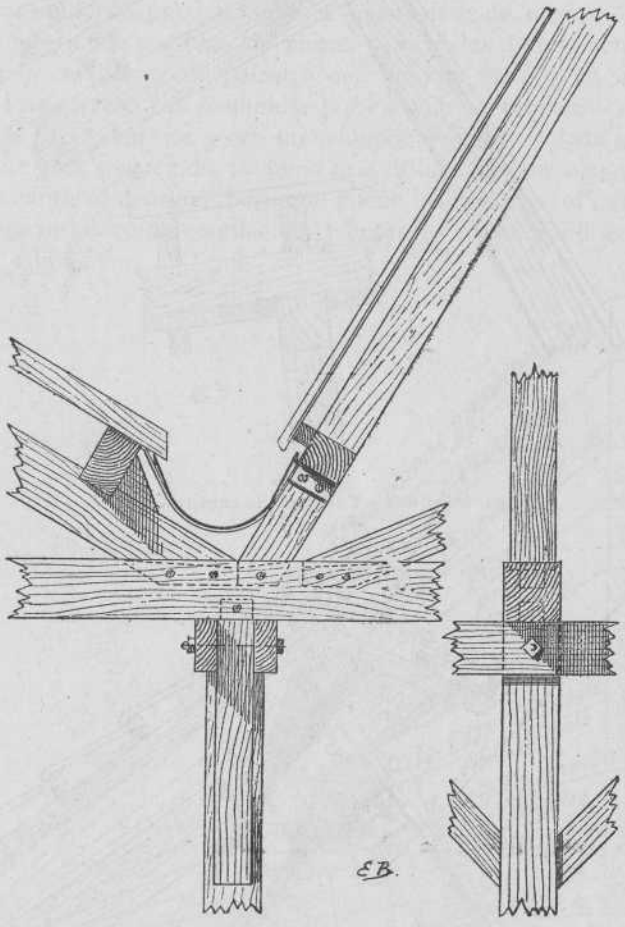
Figs. 880 y 881. — Pie de cubierta shed.

la derecha, en la solera y en la correa inferior de la vertiente de vidriera. La figura 881 es una sección hecha en el sentido longitudinal de la canal.

Cuando el tirante se compone de una sola pieza de madera, va ensamblado al pie derecho a caja y espiga; lo mismo van ensamblados los pares, pero con embarbillado (figs. 882 y 883). La solera, compuesta de dos cepos, aprisiona los jabalcones como en el ejemplo anterior.

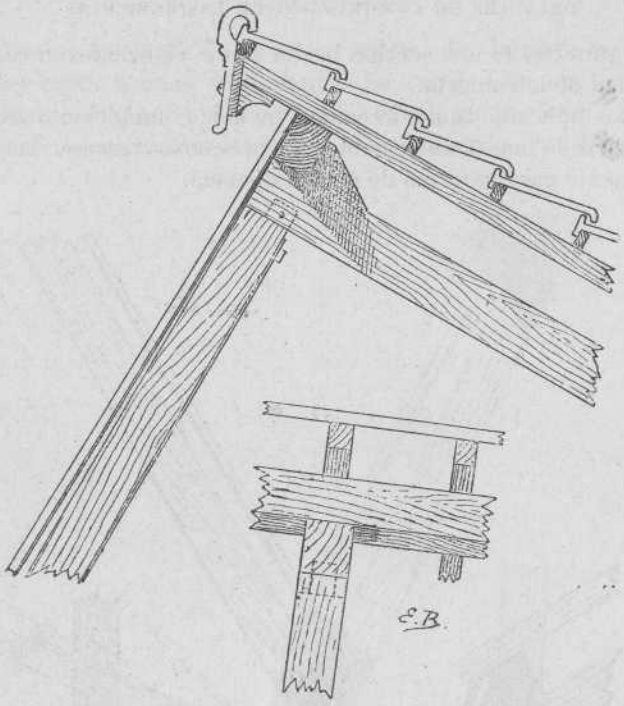
La figura 883 es una sección hecha sobre el tirante en el sentido longitudinal de la cubierta.

Hemos aplicado aquí el canalón metálico, fundición o acero, que debe elegirse lo más ancho posible. Es necesario disponer las correas especialmente para la forma de canal adoptada.



Figs. 882 y 883. — Pie de cubierta shed

Caballetes de cubiertas shed.—Una cubierta shed es casi un tejadillo o cobertizo que, en lugar de apoyarse sobre un muro por su parte más alta, reposa sobre un pilar inclinado. Esta especie de pie derecho viene a ser como el par de la cubierta verdadera en una cercha a la Mansard, y también aquí toma el nombre de par, que le conservaremos. La única diferencia consiste en que allí reposa sobre un muro y aquí se ensambla a un tirante.



Figs. 884 y 885. — Caballete de cubierta shed.

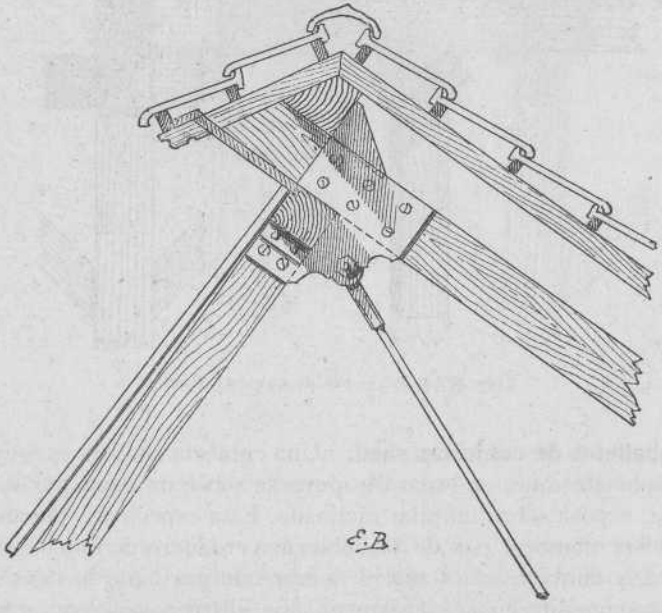


Fig. 886. — Caballete de cubierta shed.

Las figuras 884 y 885 muestran la ensambladura a caja y espiga que enlaza los dos pares. Encima se ve la correa superior mantenida por un ejión; sobre esta correa es donde se fijan los herrajes de la vidriera de la vertiente que da luz al interior.

La figura 885 da un fragmento de la vista exterior por el lado de la vidriera.

Estas cubiertas pueden también construirse de madera y hierro. Nuestra figura 886 presenta las piezas principales de la cercha ensambladas por carrilleras de palastro que ofrecen una buena fijación al tirante. Las correas van sostenidas por escuadras metálicas.

En la parte superior se ve un pequeño tejadillo volado que, en la forma que está construído, no tiene más utilidad que arrojar fuera una pequeña cantidad de agua, pero que puede utilizarse en el caso en que se deseara instalar una ventilación, y entonces impediría la entrada de la lluvia y la nieve.

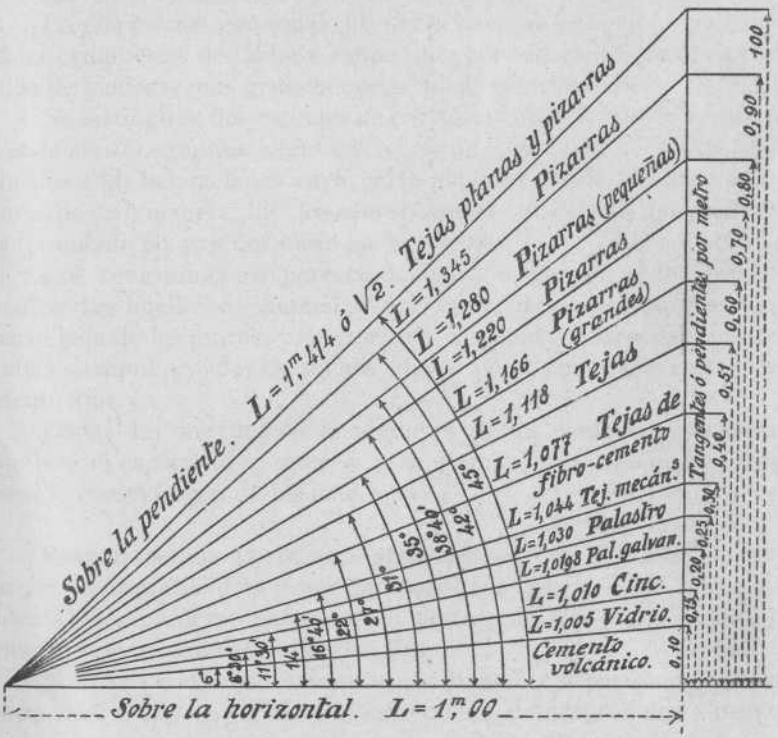


Fig. 887. — Diagrama de pendientes.

Pendientes de las cubiertas.—La pendiente de una cubierta es el ángulo de inclinación del plano de vertiente sobre el horizonte; este ángulo se mide por la relación entre la altura y la semibase del triángulo que forma la cubierta.

La inclinación de las vertientes varía con los materiales de cubierta empleados, con el clima de la región, con el destino de la construcción y, por último, con las costumbres y estilos.

A las cubiertas de vertientes disimétricas se les da la inclinación impuesta por su destino, y se emplea el material de cubierta más adecuado a la inclinación elegida.

La figura 887 es un diagrama de las pendientes para las cubiertas más usadas.



CAPÍTULO VIII

Revestimientos y tabiques

Revestimientos

En carpintería se llaman *revestimientos* las obras de madera que van aplicadas a los muros o paredes en el interior de las habitaciones.

La disposición general de los revestimientos es la siguiente: superficies compuestas de tableros embutidos por sus cantos en el embarrotado de maderas más gruesas que se fijan en las paredes.

Se distinguen dos especies de revestimientos: 1.ª, los *revestimientos de zócalo,* con una altura que varía de 0,80 a 1,50 m. y más, y destinados a las habitaciones cuya parte superior ha de tapizarse o decorarse de otra manera; 2.ª, los *revestimientos de altura,* que guarnecen enteramente las paredes entre suelo y techo.

Los revestimientos parecen tener su origen en la necesidad de ocultar las huellas de humedad que frecuentemente aparecen en la parte baja de los muros, y, para evitar su rápida destrucción, se colocaban siempre aislados de dichos muros por listones o forros previamente fijos.

Dadas las inevitables hendeduras de la madera, se ventilaba también el espacio libre interior y se formaba una capa de aire propio para la conservación de las maderas.

Revestimientos de zócalo o arrimadillos.—La altura de los revestimientos de zócalo debe estar en proporción con la de la pieza, pero además debe tenerse en cuenta el destino de ésta y los objetos que pueden servir para determinar la altura.

Muchas veces se hace enrasar el *cimacio* en la parte superior de la chimenea. Otras veces, el mobiliario puede determinar una altura que no convendría en otras condiciones. En un salón, el cimacio suele quedar a 0,50 ó 0,70 m. sobre el pavimento.

En una palabra, sería muy difícil establecer una regla fija para la altura de un revestimiento, y es lo más prudente fijar ésta en cada caso particular, en armonía con las condiciones del medio. Se admite, a veces, que puede tomarse una altura igual a un cuarto o un tercio de la

altura del techo; pero conocemos comedores cuyo revestimiento de apoyo alcanza 1,40 m. y hasta 1,60 m., sin que la altura total de las paredes esté en proporción y, no obstante, producen muy buen efecto. Lo mejor es, pues, prescindir de fórmulas.

Razones de economía han hecho imaginar, para las construcciones ordinarias, una imitación de revestimiento, y se llega a producir un efecto decorativo aceptable con simples molduras de madera, siendo el fondo un enlucido de yeso.

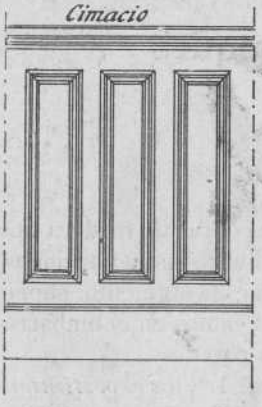


Fig. 888.
Falso revestimiento.

El falso revestimiento se compone entonces de un cimacio, de un *plinto* o *estilobato*, según los casos, y de marcos hechos con molduras para figurar paneles (fig. 888). Una pintura imitando madera completa el procedimiento.

Los paneles o recuadros pueden tener, como máximo, un ancho exterior igual a la cuarta o la quinta parte de la altura del revestimiento. Los espacios entre paneles, que fingen los *barrotes*, tienen un ancho que varía de 7 a 10 cm.

La importancia de las molduras debe estar en relación con la magnitud de la pieza. En el ejemplo que damos, el cimacio es de 32 × 80 mm.; los marcos, de 13 × 45, y el plinto, de 18 × 140 mm.

El revestimiento más sencillo y sin ensambladuras, pero que no sería adecuado en una habitación, se compone de tablitas machihembradas, con junquillos sobre las juntas (fig. 889).

Se coloca sobre un aislante, como cartón asfaltado, lo cual es conveniente para todos los revestimientos; se corona por un cimacio y se guarnece inferiormente con un plinto.



Fig. 889. — Revestimiento de tablitas machihembradas.

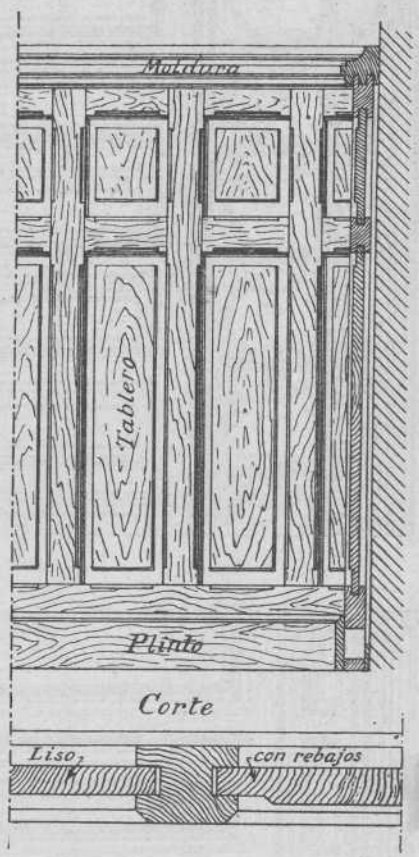
Hemos dicho anteriormente que los cubrejuntas tenían por objeto, además del efecto decorativo, disimular un poco los juegos que se producen a consecuencia de la contracción de la madera. Daremos un consejo sobre el particular: la mejor manera de disimular los claros que la desecación de la madera produce entre las tablas, juntas primitivamente, es repartir la contracción de un modo uniforme, evitando que se produzca por un solo lado. Este resultado se obtiene sencillamente fijando cada tabla con un clavo en el centro del ancho: el juego resultante de la desecación se produce entonces a derecha e izquierda, y todas las hendeduras son sensiblemente iguales.

Los revestimientos ensamblados se componen de montantes y tra-

vesaños ensamblados a caja y espiga y enclavijados (figs. 890 y 891), en los cuales van embutidos los tableros, que pueden ser lisos o con rebajos, según se ve en nuestra figura 891.

Los revestimientos se ornamentan con chaflanes, molduras y tablas, semejantes a los modelos del Renacimiento que damos en las figuras 892, 893 y 894. Entonces tienen grandes barrotes y marcos, como muestra la figura 893.

Las escuadrías de las maderas empleadas varían según las formas de ensamblaje. A título de ejemplo, para el modelo de la figura 892, podrán emplearse las maderas siguientes: recubrimiento del cimacio, 0,5 cm.; cimacio, $7 \times 7{,}5$; moldura, $2{,}5 \times 2{,}8$; barrotes, 2,5; grandes marcos, $3{,}4 \times 5$; tableros, 1,6, y plinto o estilobato, 2,5.



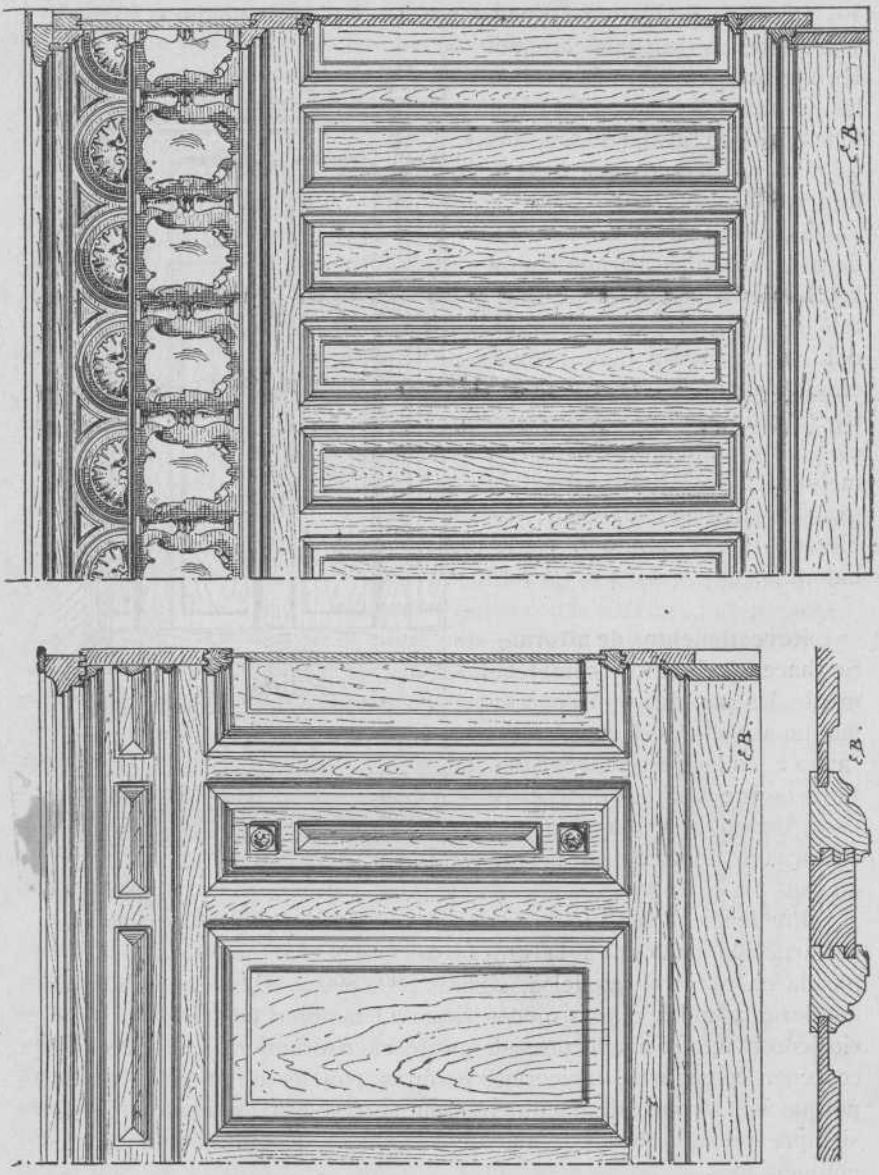
Figs. 890 y 891. — Revestimiento ensamblado.

Revestimientos de altura.— Se hacen cubriendo completamente las paredes y proporcionan un aspecto de riqueza decorativa a los locales que revisten. Pero, sobre todo en los países fríos, tienen la ventaja de presentar un obstáculo a la humedad.

Pueden ser sencillos, de una construcción análoga a la empleada en nuestros modelos, figuras 889, 890 y 892, o adornados de molduras y tallas más o menos ricas. O también con la parte superior cóncava, ofreciendo un sistema de encuadramientos destinados a contener colgaduras, tapicerías, pinturas, paneles de cuero repujado, porque se comprende fácilmente que el tablero de madera puede siempre reemplazarse por uno de los fondos decorativos que hemos enumerado.

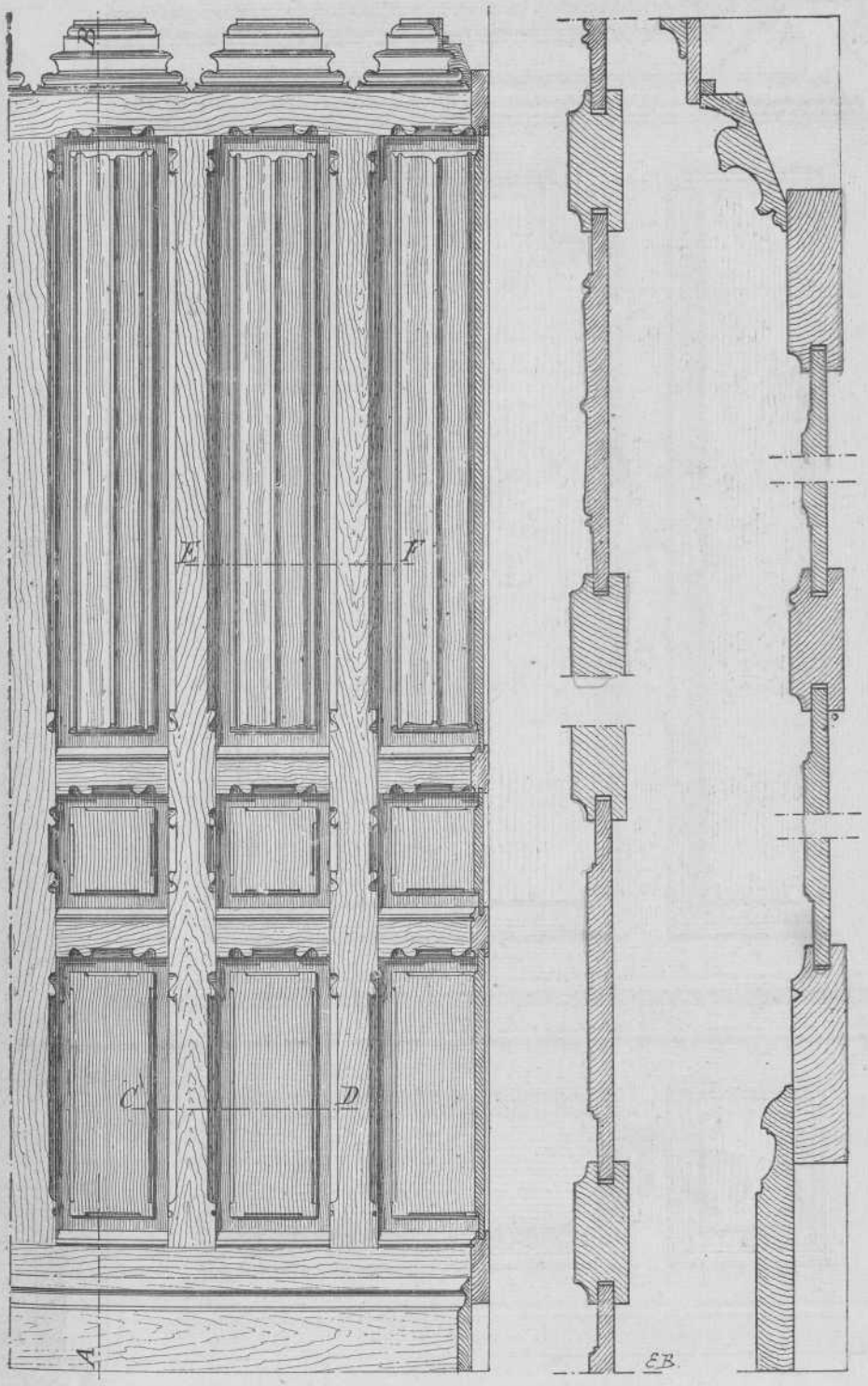
Las figuras 895, 896 y 897 representan un ejemplo de revestimiento de una construcción muy sencilla sobre el cual hemos figurado el perfil que se enlaza con el envigado del techo, como se ve en la sección AB. El corte CD da la sección de los tableros inferiores

y el *EF* la de los tableros superiores, que están tallados imitando pergaminos.

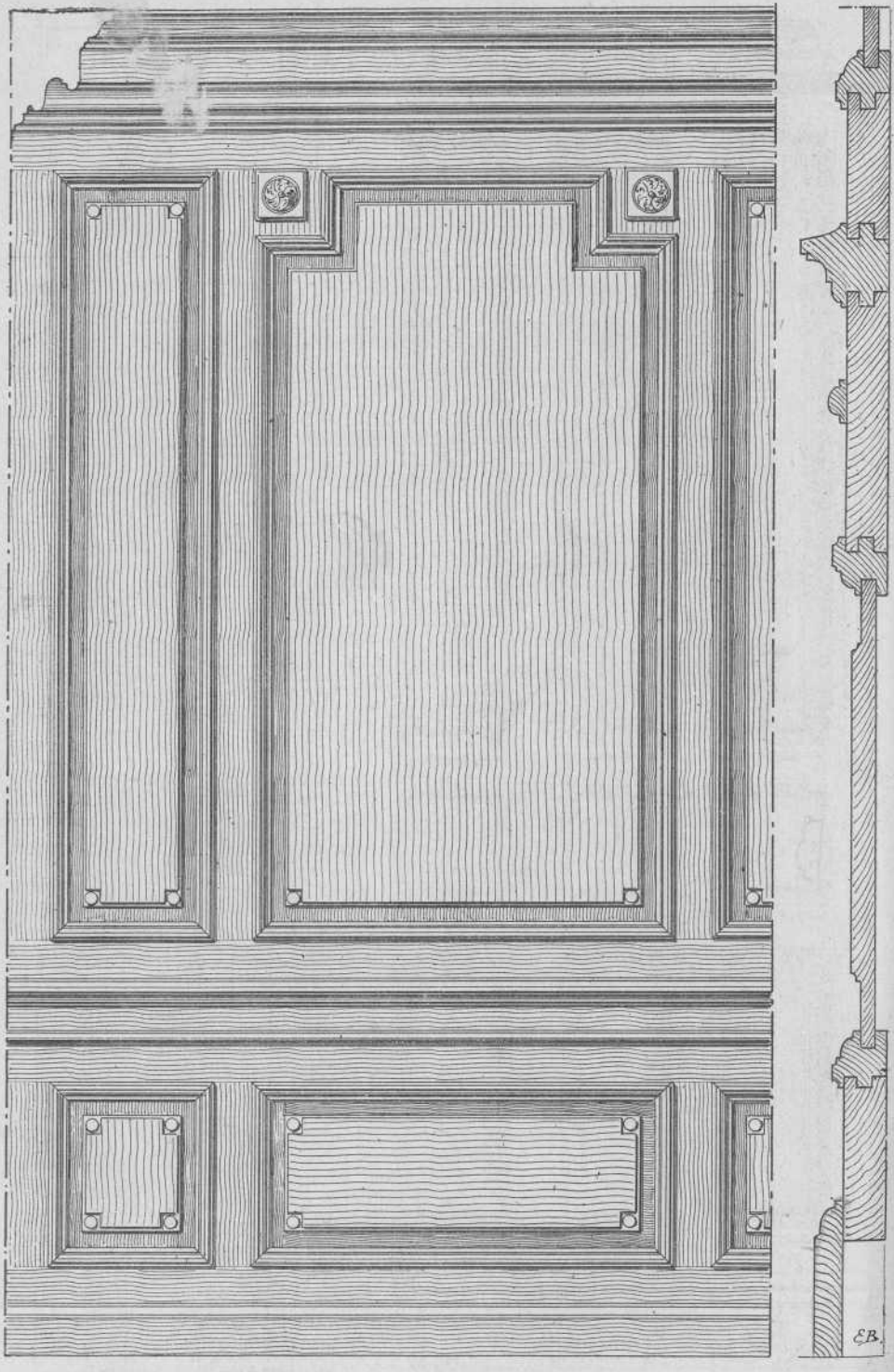


Figs. 892 a 894. — Revestimientos.

Con las figuras 898 y 899 damos un revestimiento estilo Luis XVI de gran encuadramiento que va a motivar la descripción de ciertos detalles que pueden presentar verdadero interés.



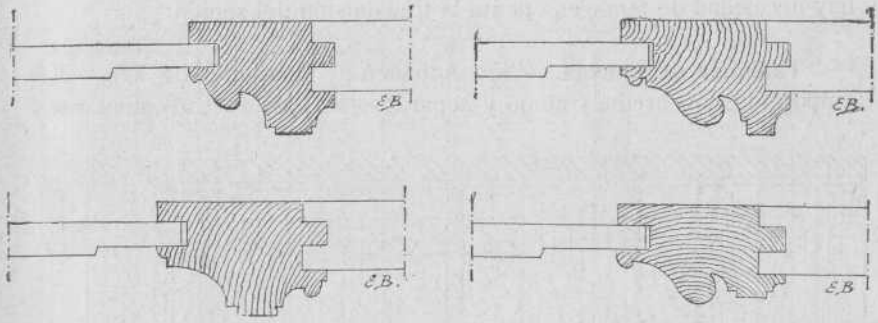
Figs. 895 a 897. – Revestimiento de altura.



Figs. 898 y 899. – Revestimiento de altura.

Primeramente ofrecemos (figs. 900 a 903) perfiles de molduras para grandes marcos, especiales para las obras de carpintería que llevan un solo paramento visto.

Las grandes superficies de los tableros no pueden obtenerse, naturalmente, más que por la yuxtaposición de varias tablas, de donde



Figs. 900 a 903. — Perfiles de grandes marcos.

resulta que estos grandes paneles pueden encorvarse, alabearse y viciarse, presentando partes salientes y partes entrantes, lo que produce muy mal efecto si las maderas están pulimentadas y enceradas o

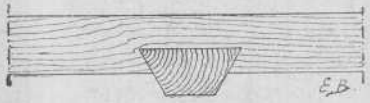


Fig. 904. — Barrote posterior.

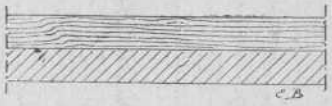


Fig. 905. — Tablero contrachapado.

barnizadas, y aun con pinturas mate, si bien en este caso son menos visibles los defectos.

Cuando los tableros tienen cierto ancho, están formados por varias tablas ensambladas a ranura y lengüeta y encoladas. Estas tablas deben ser estrechas, pues así están menos expuestas a viciarse.

Se llegan a evitar las deformaciones de la superficie con ayuda de barrotes de madera embutidos a cola de milano en el tablero (fig. 904), o también, aunque el procedimiento es costoso, formando los tableros por dos gruesos de madera de fibras encontradas y encoladas (fig. 905).

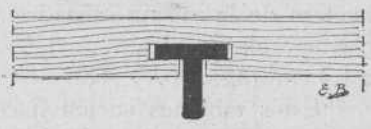


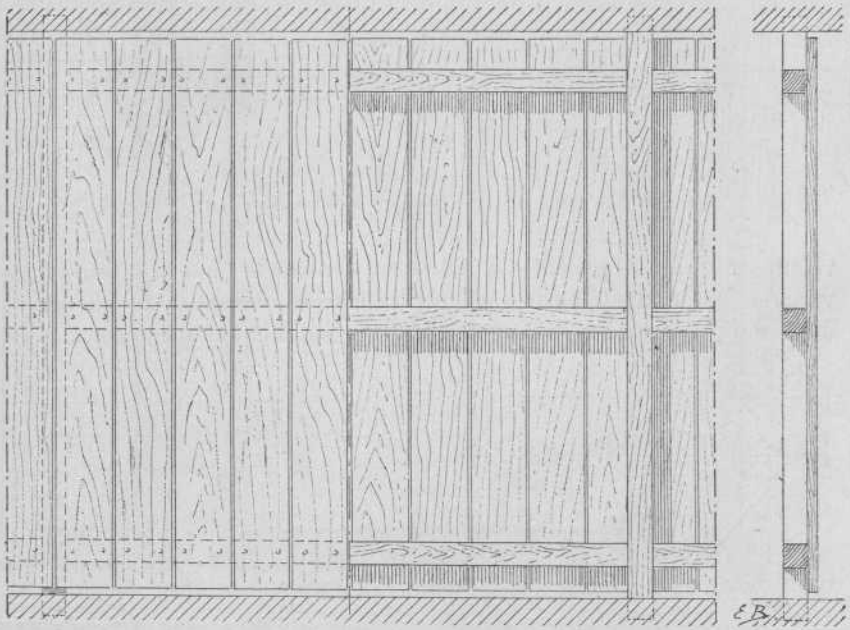
Fig. 906. — Barrote metálico.

Podemos también mencionar el sistema de barrote metálico, constituído por un hierro perfilado introducido en una ranura de la misma forma y obtenida mecánicamente en el tupí (fig. 906).

Tabiques y mamparas

Los tabiques de división de madera pueden ser, a veces, preferibles a los de ladrillos o yesones, sobre todo cuando deben levantarse sobre un suelo que no puede soportar una carga pesada, o también si hay necesidad de tener en cuenta la transmisión del sonido.

Tabiques de cuevas. — Se componen de montantes de 7,5 × 7,5 empotrados por arriba y abajo y separados 2,50 m. A estos montantes



Figs. 907 y 908. — Tabique de cueva.

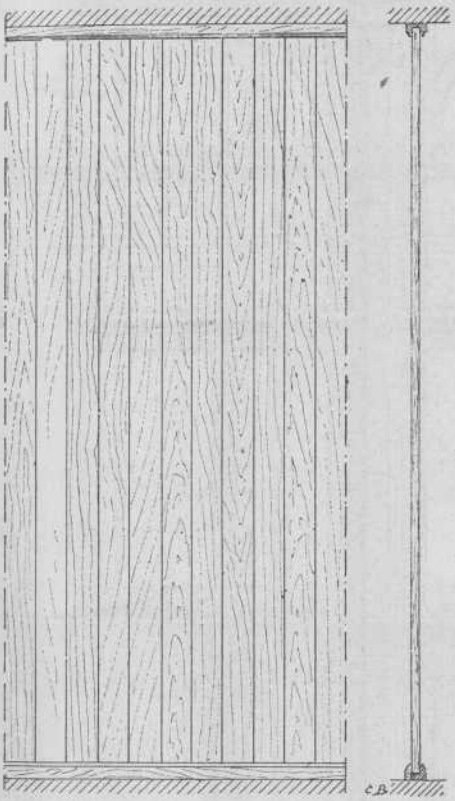
se ensamblan dos o tres traviesas, según la altura de la cueva, de madera de la misma escuadría. Por último, sobre estas traviesas se clavan tablas verticales de 3,7 × 22, dejando entre ellas un claro de 1 a 1,4 cm. (figs. 907 y 908).

Estos tabiques suelen hacerse de madera bruta de sierra, de mayor o menor ancho, según los materiales de que se disponga.

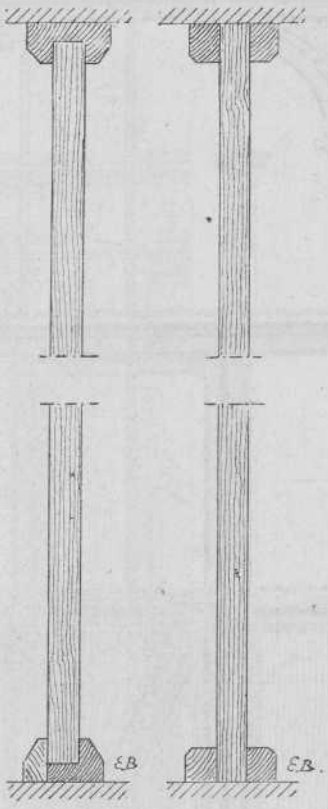
Tabiques divisorios. — A ellos nos referíamos al principio. Frecuentemente, para dividir una pieza de grandes dimensiones, sobre todo, como decíamos antes, cuando el suelo no reúne las necesarias condiciones de resistencia para soportar un tabique pesado, se forma la división por medio de tablas machihembradas (figs. 909 y 910). El

grueso de tablas varía de 2,5 a 3,7, según la menor o mayor altura del tabique.

Para fijar en su lugar un tabique de esta clase, se ponen arriba y abajo correderas o bastidores ranurados, en cuyas ranuras se introducen las tablas. El bastidor superior es de una sola pieza, pero el inferior, para permitir la colocación de las tablas, debe ser de dos piezas,



Figs. 909 y 910. — Tabique de tablas.

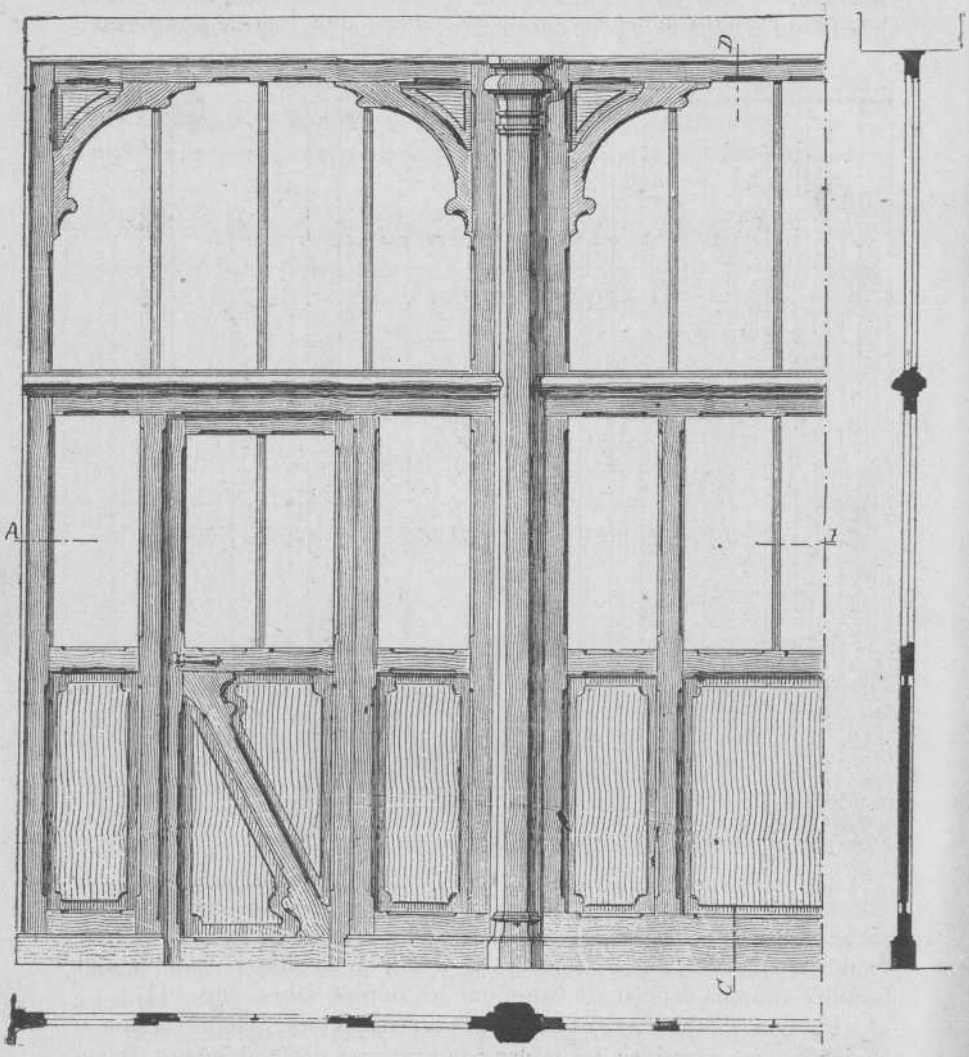


Figs. 911 y 912. — Bastidores de tabique.

es decir, que después de puestas las tablas en su sitio, se completa el bastidor con una especie de listón que les impide salirse (fig. 911).

Pueden también sustituirse las correderas por listones arriba y abajo, lo que permite a las tablas penetrar más profundamente. Basta colocar primero los listones del techo y después fijar bien a plomo un listón en el suelo. Se ponen entonces las tablas haciéndolas penetrar entre los dos listones del techo y después se aplican contra el listón inferior; ya no queda más que fijar el segundo listón inferior y el tabique está completo (fig. 912). Un procedimiento mixto consistiría en emplear la corredera en el techo y el doble listón en el suelo.

No es necesario decir que estos tabiques pueden decorarse como el resto de la habitación, pero precisa escoger maderas absolutamente secas, porque de otro modo la contracción produciría en cada junta una fisura de un efecto deplorable. Desgraciadamente, la madera se porta



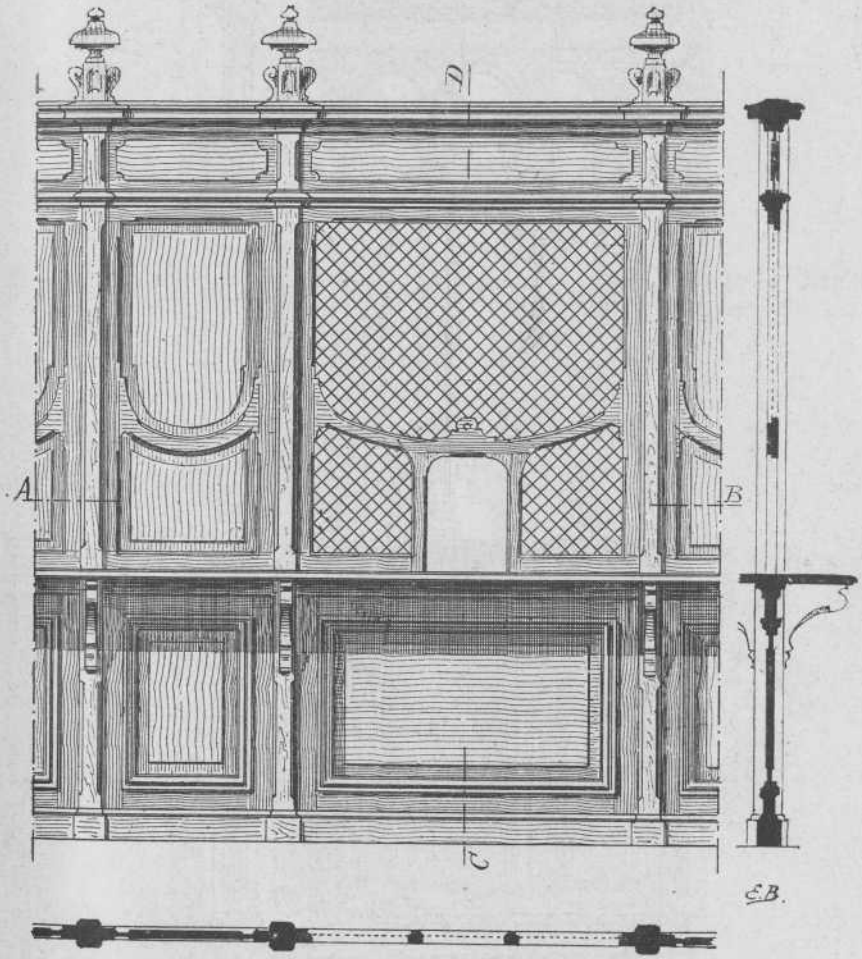
Figs. 913 a 915. — Separación de oficinas.

de tal modo que es muy difícil evitar la abertura de las juntas; por esto puede aconsejarse, una vez que la madera ha hecho sus movimientos, pegar con engrudo una tela sobre la que puede pintarse. En el caso que se empapele con papeles pintados, basta una tela de tejido poco tupido,

clavada por su contorno, y sobre ella se pega el papel. Todos los movimientos quedan entonces disimulados, y esta es la mejor solución.

Tabiques de separación de oficinas. — Ocupan a veces toda la altura disponible y llevan un basamento de madera o metálico (figuras 913 a 915).

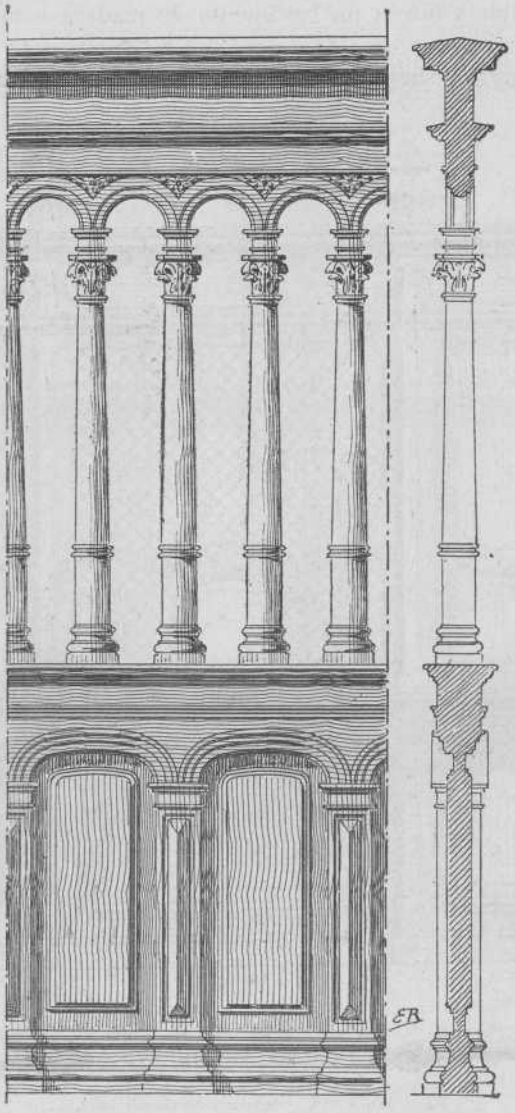
En los grandes salones para casas de banca, de comercio, etc., se



Figs. 916 a 918. — Separación de oficinas.

hacen *mamparas* de separación que llegan solamente a 2 ó 2,50 metros. Las que dan a un hall suelen hacerse de tablillas y ventanillas para el servicio de comunicación con el público. En el friso se ponen las inscripciones necesarias (figs. 916 a 918).

Mamparas de verja. — Se emplean especialmente en las iglesias, donde sirven para cerrar el coro y las capillas. Se componen de una parte llena hasta la altura del pasamanos, y por encima una parte de

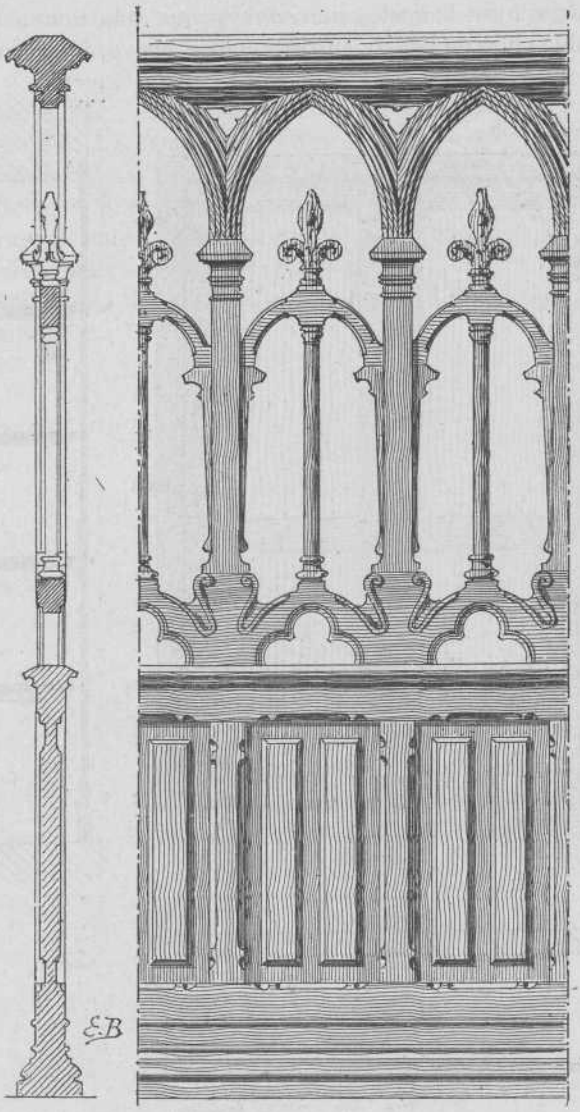


Figs. 919 y 920. — Mampara de verja.

reja o verja, alcanzando en total una altura de 2,50 m. aproximadamente (figs. 919 y 920).

Llamamos la atención especialmente sobre la importancia que tiene

la traviesa superior de coronación para la solidez de la mampara. Debe dársele una sección bastante fuerte, a lo que se presta muy bien, dado el ancho que horizontalmente necesitan las molduras, pues es con ésta



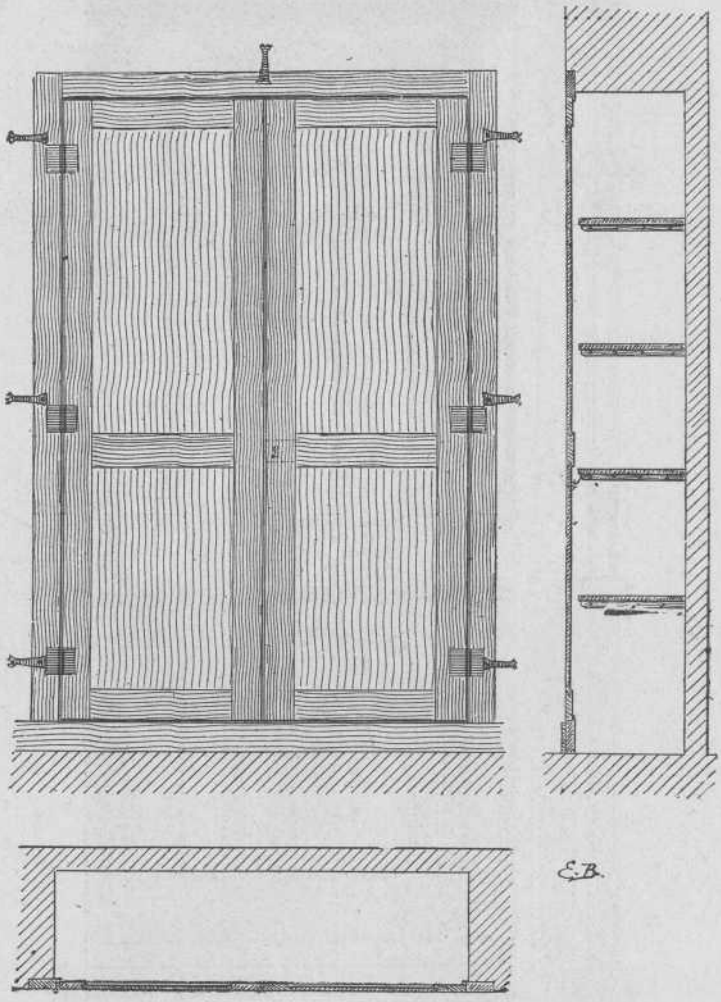
Figs. 921 y 922. — Mampara de verja.

y la de basamento o estilobato con lo que hay que contar para establecer una obra bastante resistente y estable.

Damos un segundo ejemplo en las figuras 921 y 922.

Alacenas

Algunas veces se reservan en la mampostería huecos que sirven como armarios fijos, llamados *alacenas* y que sólo tienen de carpintería las tablas horizontales y sus listones de apoyo, un durmiente fijo,



Figs. 923 a 925. — Alacena.

de 3,7 cm., enrasado al haz del muro sin enlucir, y una puerta de una o dos hojas según el ancho. Los peinazos de ésta se hacen de 2,5 a 3,7 cm., y los tableros, lisos, de 1,5 cm.

Suelen empapelarse, o revestirse en la misma forma que el

resto de la habitación. Véase uno de estos armarios en las figuras 923 a 925.

Otras veces se hacen verdaderos muebles, en carpintería, aunque fijos a la pared, y también de carpintería en parte y el muro como fondo; daremos algún ejemplo en el capítulo XVI. Según su destino, tienen una, dos, o un número mayor de tablas. Un armario ropero lleva en la parte superior una o dos tablas, y debajo queda libre una gran altura para que, poniendo ganchos en la tabla inferior, puedan colgarse vestidos. Un armario de lencería está provisto de tablas espaciadas 40 cm. Estas tablas tienen 2,5 cm. de espesor y apoyan sobre barrotes laterales. Si el armario o la alacena son grandes, se establecen montantes bastante próximos para impedir la flexión de las tablas, teniendo en cuenta el peso que deban soportar.

La profundidad de una alacena varía de 0,40 a 0,60 m., medidos interiormente.

CAPÍTULO IX

Puertas

Puertas exteriores

Las puertas exteriores no suelen ofrecer el mismo aspecto por ambas superficies. Es natural que la parte interna, que da a una habitación o local, puede y debe tratarse de distinto modo que la cara externa, que mira a una calle o a un patio. Además, la primera se encuentra resguardada y la segunda expuesta a la intemperie.

Sería, por tanto, racional no presentar al exterior más que superficies lisas, que no detengan la lluvia ni faciliten la acumulación de polvo; pero hay que contar con las necesidades del aspecto, del carácter especial según el estilo adoptado, y también según la necesidad de ornamentación.

No podemos, pues, aconsejar otra cosa sino que, inspirándose en las líneas precedentes, se estudien las formas de las obras exteriores de carpintería con la idea de evitar en lo posible los inconvenientes apuntados.

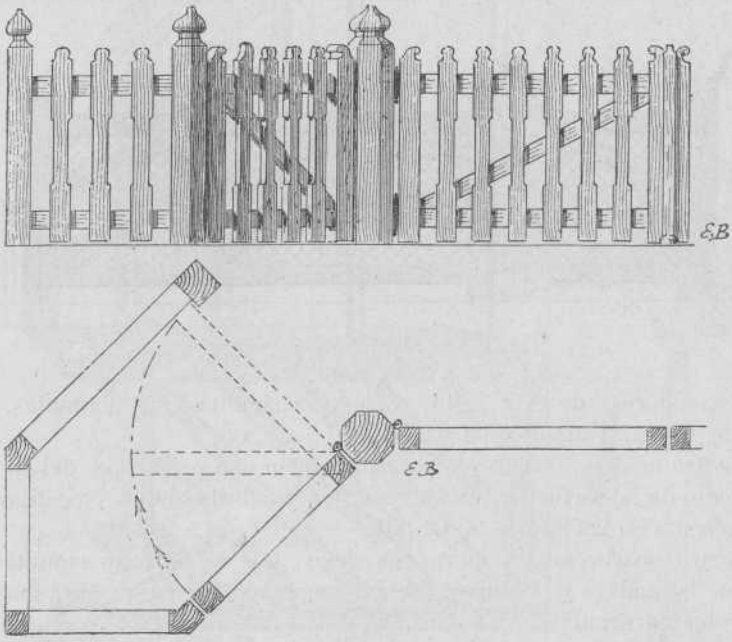
Puertas de cerramientos. — Las puertas de cerramientos se encuentran naturalmente expuestas por todos lados, por lo cual precisa concebirlas muy robustas y construirlas de materiales casi imputrescibles.

Las fincas rústicas, los cercados, los recintos descubiertos destinados a almacenes o patios, los parques, los jardines, etc., se suelen rodear de un cerramiento en el que se practican puertas para peatones, vehículos o caballerías. Estos cerramientos pueden ser *tapias* o *cercas* de mampostería, o bien *cercas, verjas* o *barandas* de madera. Examinaremos algunas de estas puertas.

Postigos. — Se llama postigo una pequeña puerta practicada en una de las hojas de una puerta cochera, y lo examinaremos al mismo tiempo que ésta. Pero se da también este nombre, a veces, a puertas pequeñas situadas al lado de otras grandes y también a las que

se abren en muros de cierre; estas puertas se destinan únicamente al paso de peatones.

Tenemos un ejemplo en las figuras 926 y 927, que representan en planta y alzado una barrera para el paso de vehículos, con una especie



Figs. 926 y 927. — Postigo en una barrera.

de postigo destinado a dejar paso siempre a los peatones, no permitiéndolo al ganado.

La puerta se desplaza entre los dos lados de un pequeño recinto en que el peatón se refugia, mientras vuelve aquélla a su posición

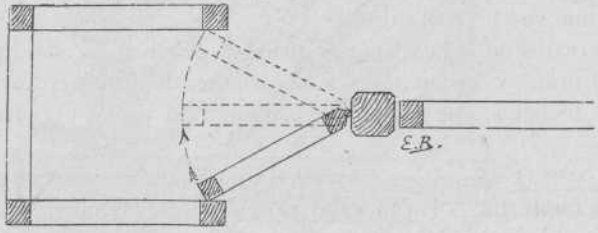


Fig. 928. — Postigo en una barrera.

primitiva y deja libre el paso. La figura 928 es una variante representada en planta.

Una disposición bastante frecuente es la constituída por una puerta de carros acompañada de un portillo o postigo lateral. El ejemplo que

ofrecemos es de construcción muy sencilla, pero al mismo tiempo muy robusta. Puerta y postigo están provistos de una alambrera fuerte para impedir el paso de los animales (fig. 929).

Esta puerta está compuesta de pilarotes extremos de mampostería; entre la puerta y el postigo, un montante para batientes, de 16 × 16 cm.;

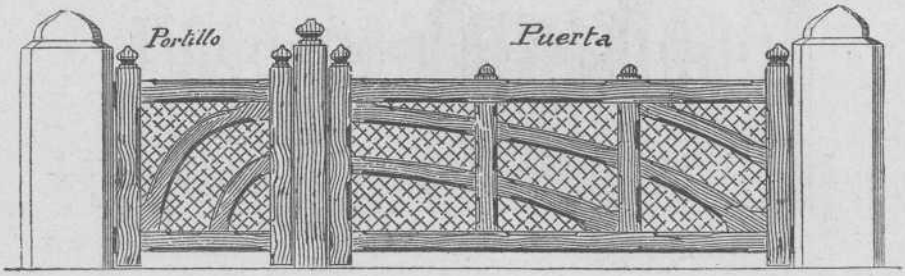


Fig. 929. — Puerta de carros y postigo.

los bastidores, de 7,5 × 14, y los tornapuntas y montantes, de 7,5 × 11 cm. Todo de encina o roble.

Otro modelo, construído por el autor en una propiedad del departamento de la Sarthe (Francia), con puerta de dos hojas y postigo, se representa en las figuras 930 y 931.

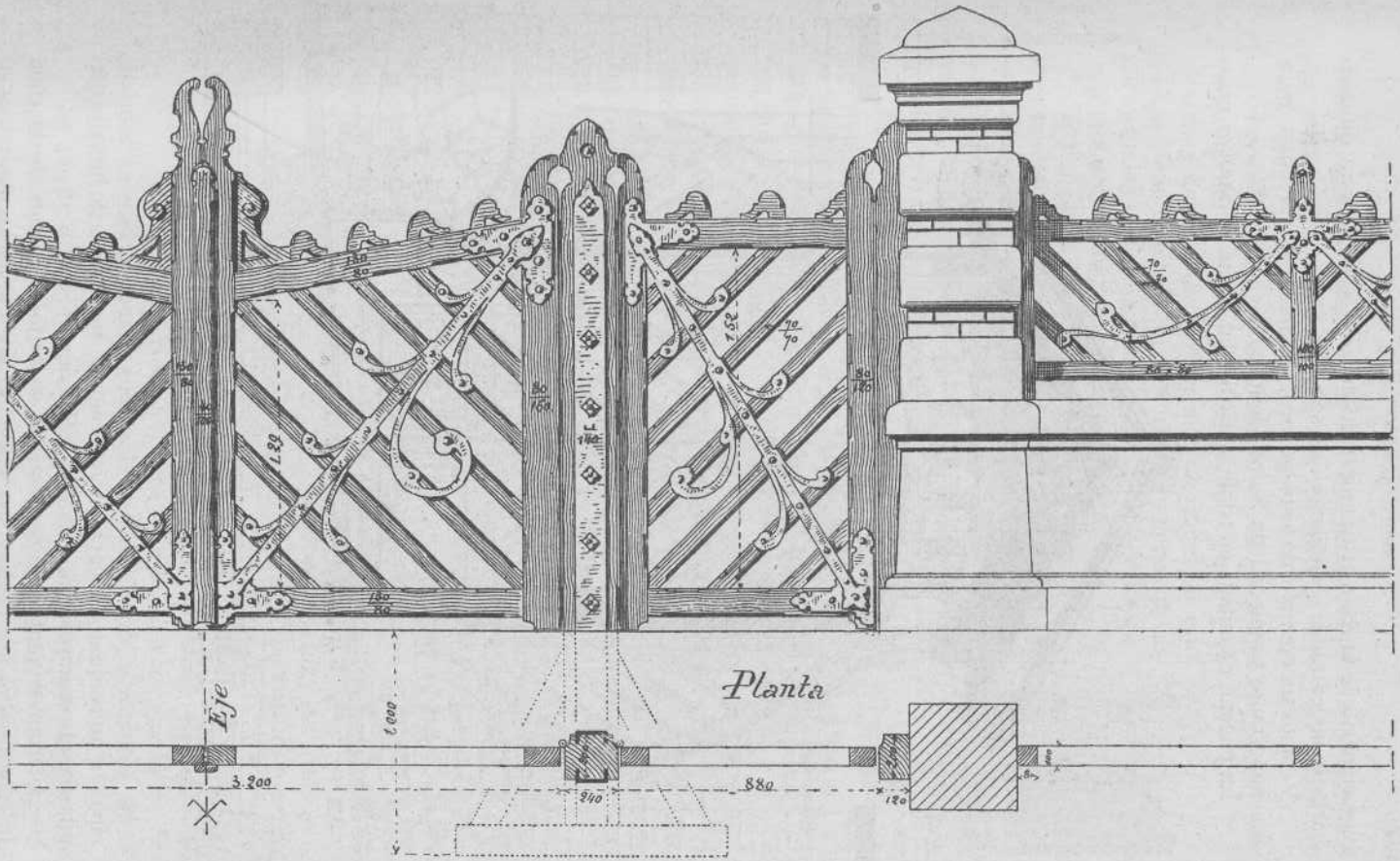
Su construcción es mixta, es decir, que se utilizan simultáneamente la madera y el hierro. Se ha empleado para esta obra madera de roble barnizada en su color.

Esta puerta está construída de la siguiente manera: Pies derechos o montantes, de 20 × 24, reforzados por hierros ⊔ de 14, cuyas alas van embutidas en dicho montante, sujeto todo con pernos y cogido en un macizo de mampostería, que le sirve de cimiento. Los montantes de quicial tienen 16 × 8; los de batiente y las traviesas superiores e inferiores son de maderas de 13 × 8; el batiente propiamente dicho tiene 5 × 10, y las barras oblicuas, 7 × 7. Todo con chaflanes entrecortados como se ve en el dibujo.

Los herrajes de aplicaciones y tirantes decorativos son de hierro plano de 8 mm., y los tirantes van aislados de los barrotes oblicuos por medio de bolas que evitan se detenga el agua y corrompa las maderas.

Puerta cubierta. — En muchas propiedades, las puertas del cerramiento están cubiertas de un modo u otro, y esta cubierta tiene la ventaja de proteger hasta cierto punto la puerta contra la intemperie. El herraje, sobre todo, mejor defendido de la lluvia, funciona mejor y se conserva mucho tiempo en buen estado.

Desde el punto de vista arquitectónico, la cubierta de la puerta permite ser convertida en un motivo de decoración y da a la puerta una

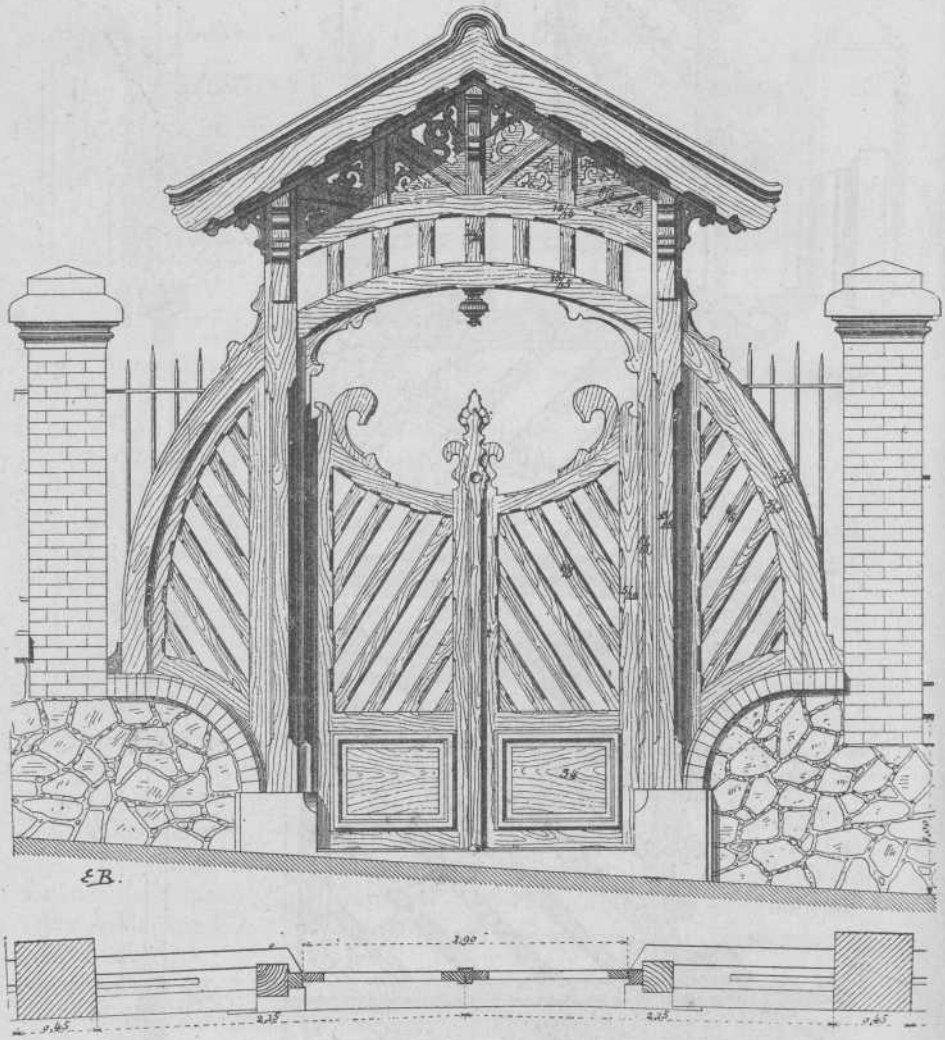


Figs. 930 y 931. — Puerta de carros y postigo.

importancia que la hace distinguirse desde lejos y sirve para diferenciarla de las entradas secundarias, de servicio, etc.

Veamos un ejemplo de este género, dibujado por el autor para una importante propiedad de Saint-Cloud.

La puerta, ejecutada en roble y barnizada, forma el motivo prin-



Figs. 932 y 933. – Puerta de cierre cubierta.

cipal en un conjunto de cerramiento compuesto de rejas de hierro entre pilastras de mampostería (figs. 932 y 933).

Ciertamente que, si nos atenemos a las necesidades de la construcción, habrá que preguntar por qué se han empleado maderas cur-

vilíneas, que evidentemente no son indispensables para la solidez, pues las piezas rectas son, con mucho, las más propias para sufrir un esfuerzo.

Pero no se trata de la construcción sola, sino que es preciso decorar y obtener un efecto en armonía con el medio y el destino y también cierta impresión de riqueza, y esto obliga siempre a buscar, en formas distintas de las elementales que componen una obra, el efecto especial o la decoración que se desee obtener.

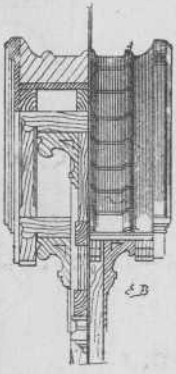


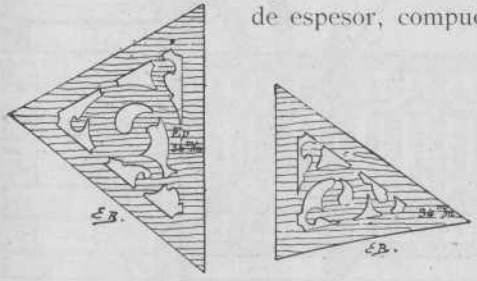
Fig. 934. Semielevación y semicorte.

Esta puerta, de 1,90 m. de paso libre, está establecida entre dos pilastras de fábrica distantes entre sí 4,29 m. Los montantes del marco fijo, que soportan al mismo tiempo la pequeña cubierta, son de madera de 18 × 18 con aplicaciones de 8 × 8, sobre las cuales van los herrajes de la puerta.

Un arco de madera de 15 × 15, interrumpido en los montantes, a los que va ensamblado a caja y espiga, franquea el espacio entre las pilastras de obra. El bastidor de la puerta es de maderas de 5 × 12, y las barras oblicuas, de 4 × 8. El frontón está compuesto de pilarotes de 8 × 8 y 10 × 10, sosteniendo un arco paralelo al primero y de 14 × 14; los pilarotes se prolongan hasta por bajo de los cabios, que van sostenidos por pequeñas correas de 10 × 10 (fig. 934).

Los triángulos formados por los montantes y los tornapuntas oblicuos son de madera de 3,7 calados según nuestros dibujos (figuras 935 y 936).

Para triangular las pequeñas correas y mantenerlas horizontales, se han colocado a cada lado de los montantes pequeñas ménsulas que se representan en la figura 937. Un enlatado de 2,5 de espesor, compuesto de tablitas estrechas con cubrejuntas, soporta la cubierta, de tejas.



Figs. 935 y 936. — Marqueterías.

La figura 938 representa el remate colocado en el centro del gran arco y a plomo bajo el pilarote de 10 × 10.

Todas las maderas van achaflanadas. La parte inferior de la puerta es de grandes encuadramientos con molduras de 7 × 9 y tableros de 3 (figura 939).

Se puede aún, con mayor economía, indicar la entrada de una finca, bastando en definitiva un motivo cualquiera más elevado que el resto del cerramiento. Es lo que intentamos demostrar en la figura 940.

Utilizamos este dibujo para dar una nueva combinación de hojas que permita a la vez la puerta carretera y el postigo. En efecto, la



Fig. 937. — Ménsula.

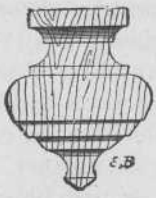
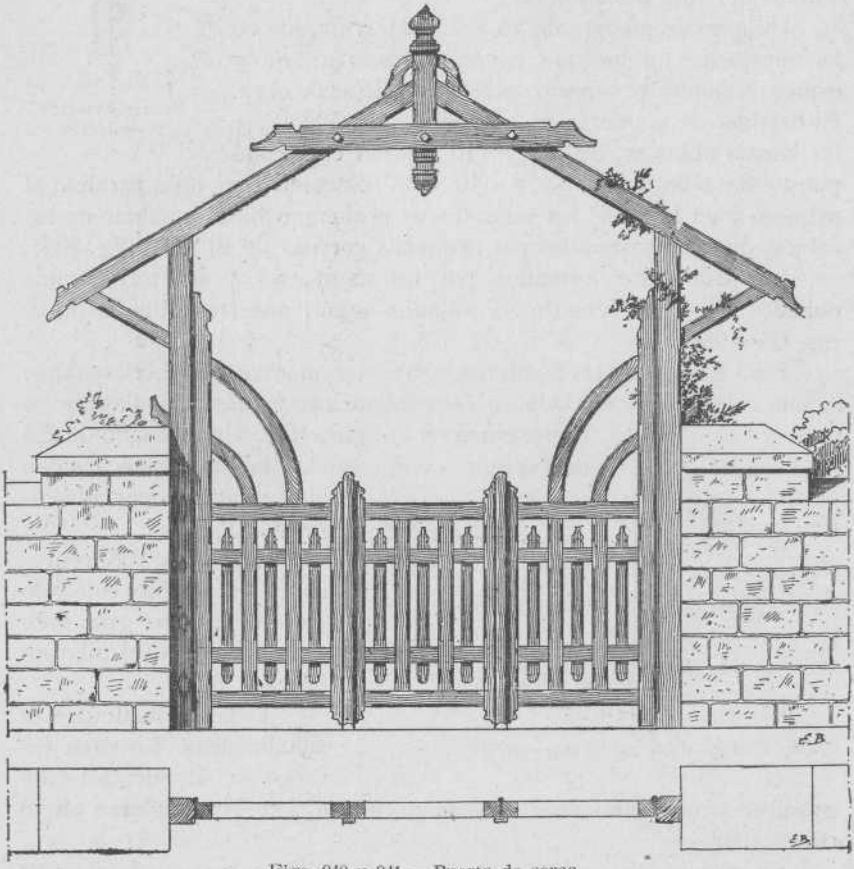


Fig. 938. — Remate.



Fig. 939.—Perfil de marco moldurado.

puerta está dividida en tres hojas. Si se fijan con cerrojos las dos extre-



Figs. 940 y 941. — Puerta de cerca.

mas, la del centro, que tiene sus goznes sobre la de la derecha, podrá

abrirse sola y formar así entrada para peatones. La figura 941 es la planta de esta puerta.

Puertas en muros de cierre. — Generalmente, la mampostería forma el marco y lleva un *alféizar* para batiente de la puerta; ésta va herrada con pernios o goznes y, en este caso, llevan una patilla para empotrar en la mampostería.

Estas puertas pueden ser muy sencillas: se hacen de tablas machihembradas de 2,5 a 3,7 con junquillos de cubrejunta, y con travesaños y tornapuntas por el interior, con una escuadría de 3,7 × 7,5, achaflanados. Si la puerta es grande, puede exigir travesaños de 5 cm. de grueso (figura 942).

Las puertas de esta clase suelen tener de 0,90 a 1 m. de ancho y una altura de 2,25 a 2,40 m. Los pernios pueden ser lisos o forjados, por el estilo de nuestro dibujo.

Se hacen también de tableros con peinazos de 3,7 o de 5 cm. y paneles de 2,5 a 3,7 (figuras 943 y 944). Por último, en ciertos casos, pueden decorarse estas puertas más o menos ricamente y construirse de un modo menos sencillo que las precedentes. En este orden de ideas hemos dibujado la figura 945. Estando expuestas a la intemperie, estas puertas deben hacerse siempre de encina o roble.

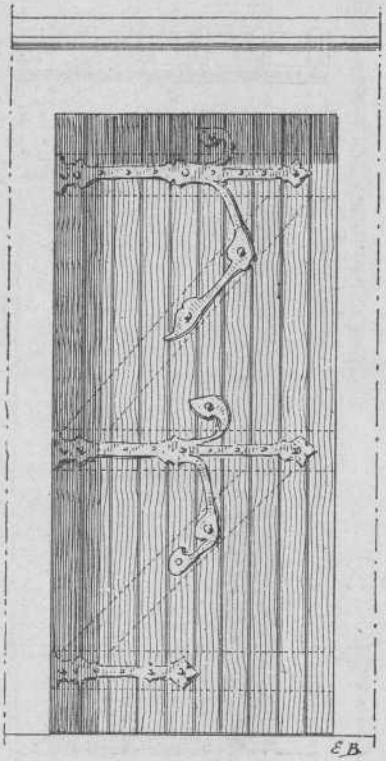
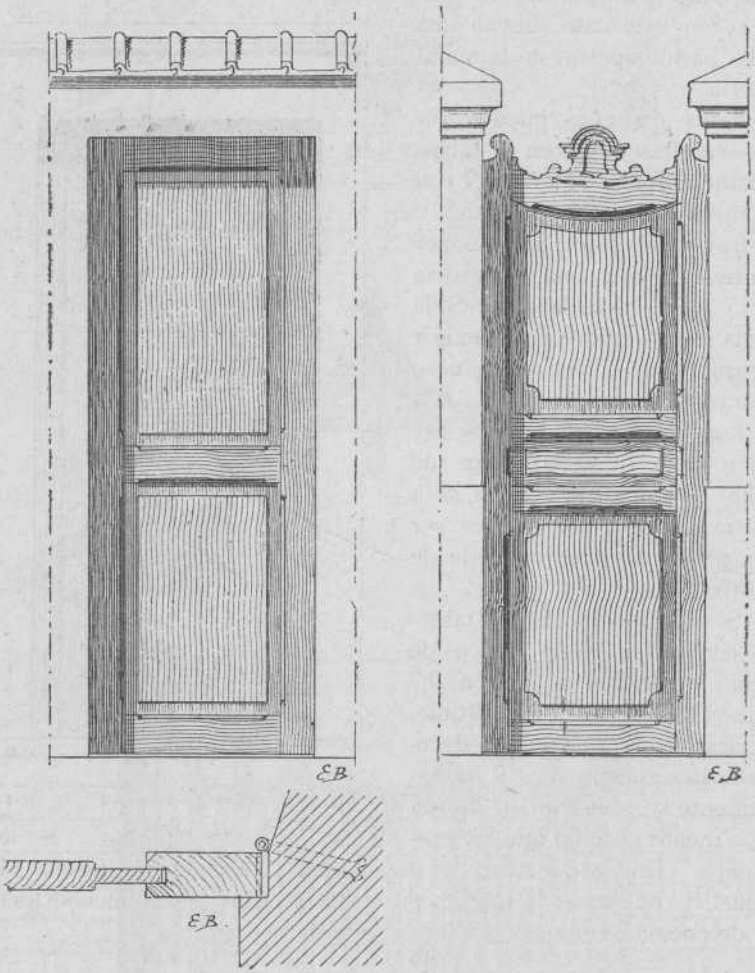


Fig. 942. — Puerta en un muro de cierre.

Puertas de cuadras. — Las puertas destinadas a las caballerizas o cuadras se hacen de un ancho relativamente grande, de 1,20 m., por lo menos, de forma que la entrada se haga sin rozamiento de ninguna clase que pueda dañar la piel de los animales que han de pasar por ella.

Su construcción es muy variable. En principio, es preciso estudiarlas de manera que, como todas las puertas exteriores, estén en lo posible garantizadas contra los efectos de la lluvia.

Para esto, lo más sencillo es hacer la parte exterior con el menor número posible de salientes, para que el agua no pueda detenerse. Las puertas, entonces, pueden no presentar por el lado expuesto más que tablas verticales poco propias para acumular la lluvia. Pero a veces es necesario disponer de un aspecto exterior exento de la monotonía que



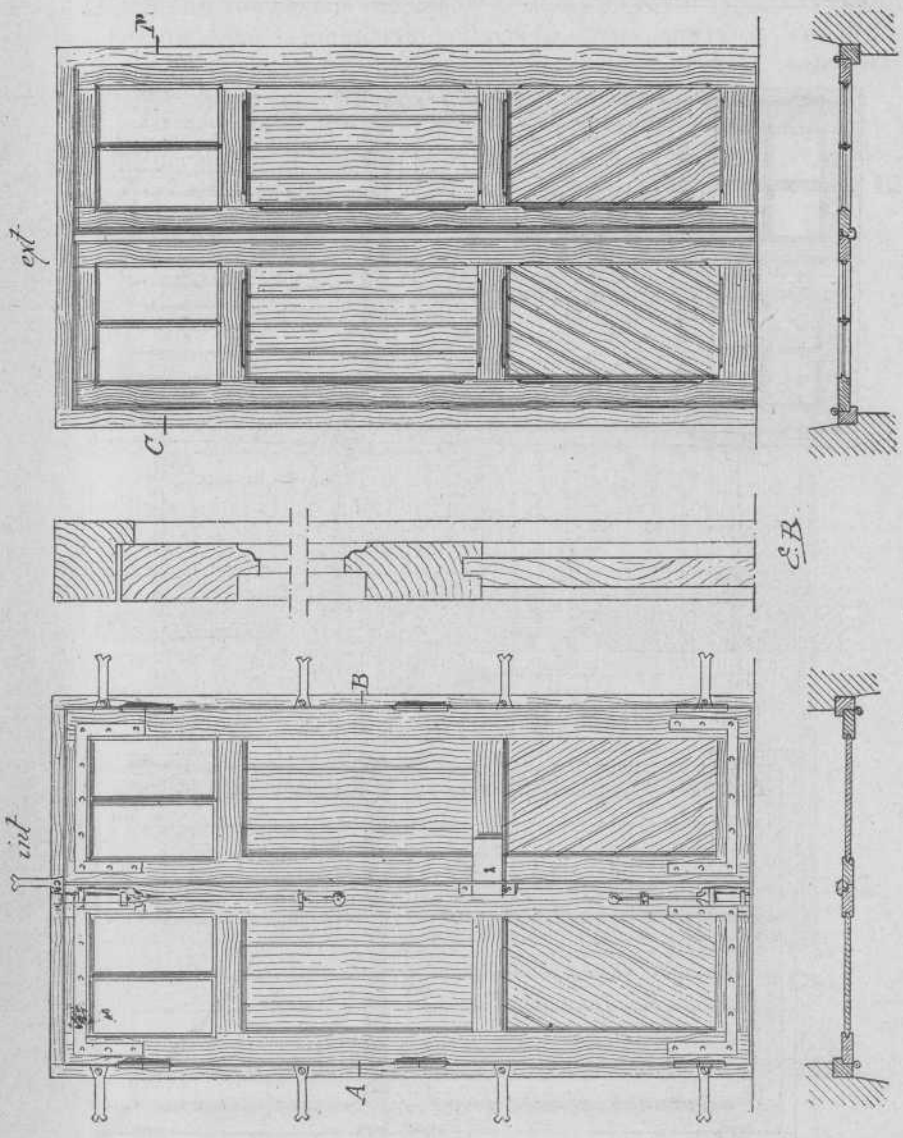
Figs. 943 a 945. — Puertas en muros de cierre.

ofrecen las tablas, y se recurre entonces a la construcción a base de peinazos vistos y, por tanto, salientes. Un ejemplo de este género es el que damos en las figuras 946 a 950.

Hemos representado esta puerta vista por sus dos caras, interior y exterior. Se compone de tablas machihembradas con junquillos de cubrejunta, en un bastidor móvil de madera de 5 cm., que bate en un

marco fijo de 7,5 × 7,5, fijo por patillas en la fábrica. Las tablas machihembradas son de 2,5 × 11 cm.

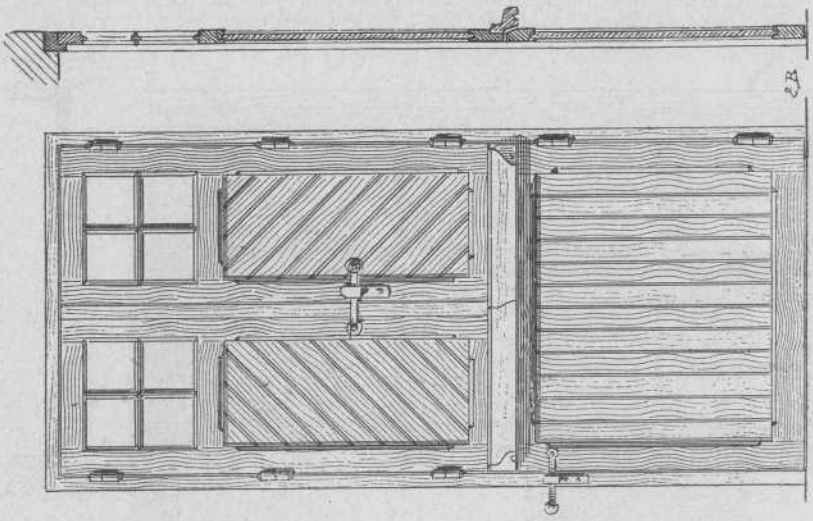
La figura del centro representa la sección por la parte superior



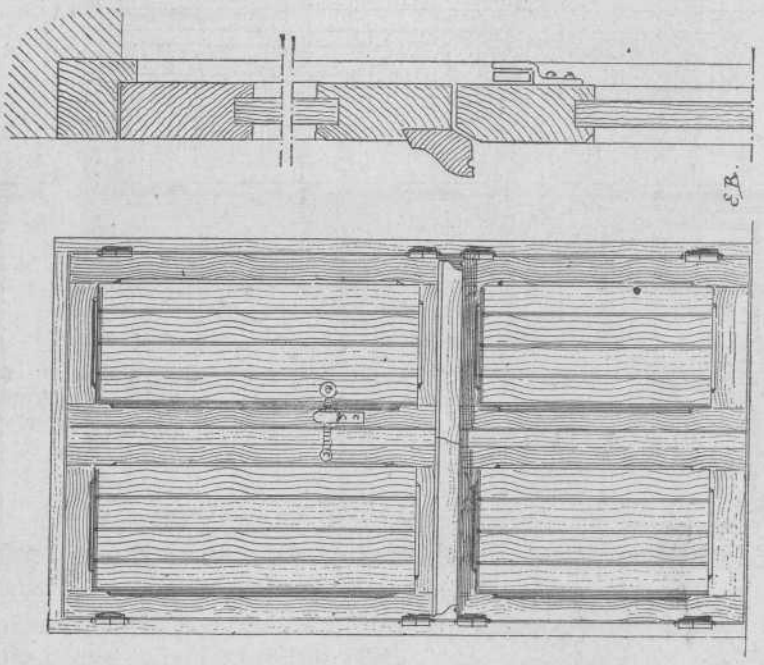
Figs. 946 a 950. — Puerta de cuadra.

— vidriera. — La sección *A B* se ha dado horizontalmente por el recuadro superior lleno, y la *C D*, también horizontalmente, por la parte de vidriera. Las *barretas* pueden ser de madera o metálicas; estas últimas, ocupando menos sitio, favorecen el paso de la luz.

Cuando se dejan los caballos sueltos y se quiere, sin embargo, que entre el aire y la luz, dejando al mismo tiempo a los animales la ino-



Figs. 953 y 954. — Puerta de cuadra de tres hojas.



Figs. 951 y 952. — Puerta de cuadra de cuatro hojas.

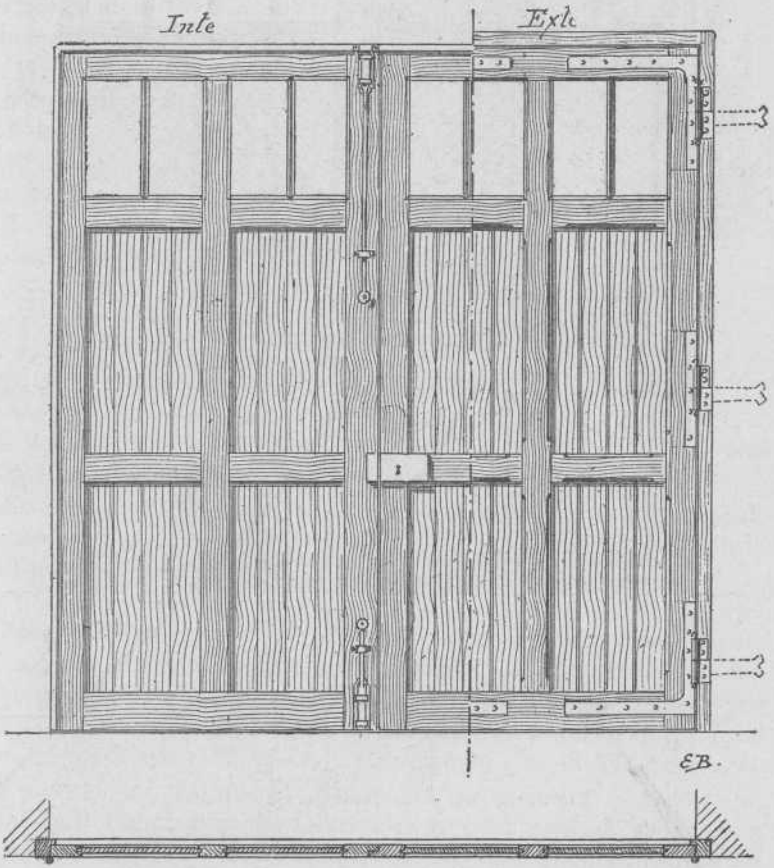
cente distracción de mirar al exterior, se hacen las hojas de puerta cortadas a la altura de 1,20 m., aproximadamente, del suelo. Así se puede abrir enteramente la parte superior, al mismo tiempo que se impide

que los caballos, libres del cabestro, puedan salir de la cuadra (figuras 951 y 952).

Esta disposición es buena, pero tiene el inconveniente de hacer la puerta menos robusta, y, para obviarlo en lo posible, se hace a veces la parte inferior de una sola hoja y de dos la superior (figs. 953 y 954).

Para evitar la entrada de la lluvia, las hojas superiores, en los dos ejemplos citados, están provistas en su parte inferior de *bateaguas* bastante salientes para despedir las aguas lejos.

Puertas de garaje. — Destinadas a la entrada de vehículos, estas puertas deben ser de dimensiones relativamente grandes. El



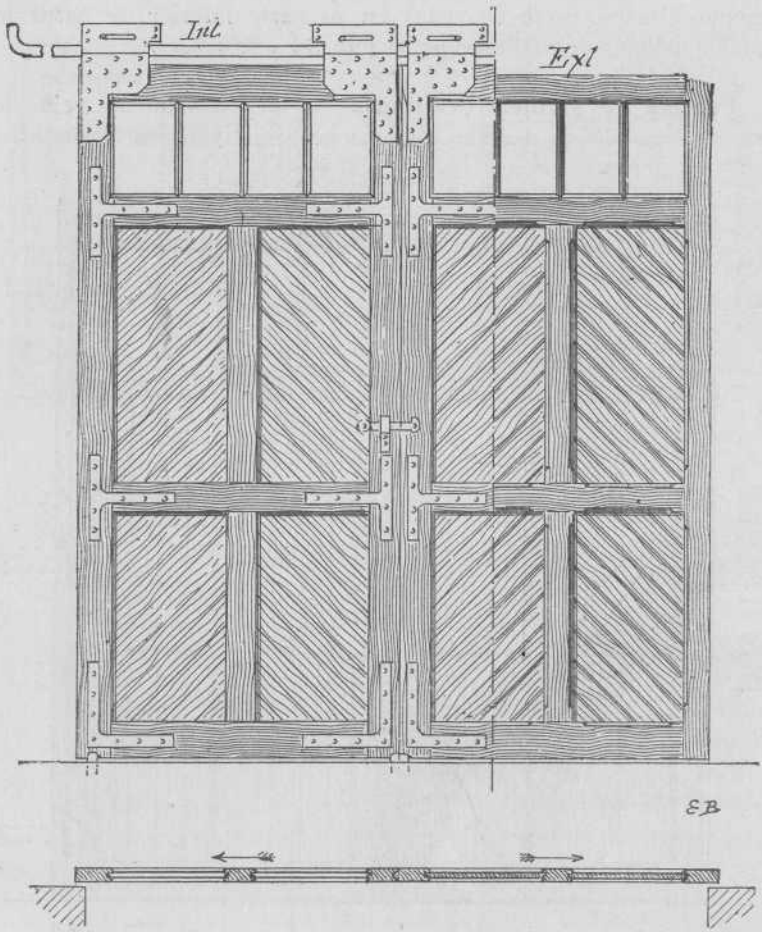
Figs. 955 y 956. — Puerta de garaje.

hueco debe tener, por lo menos, 2,50 m. de ancho por 2,70 m. de alto.

Pueden estar compuestas de un cerco fijo de 7,5 × 7,5, con patillas empotradas; de montantes y traviesas de 5 × 11, encuadrando tableros formados por tablas de 2,5 × 11 (figs. 955 y 956). La figura 955

muestra la puerta vista por el interior y por el exterior; el corte de la figura 956 muestra la posición de los tableros embutidos en los barrotes.

Generalmente, estas puertas son de dos hojas y se abren hacia afuera. Esta disposición no es siempre cómoda, por lo que muchas

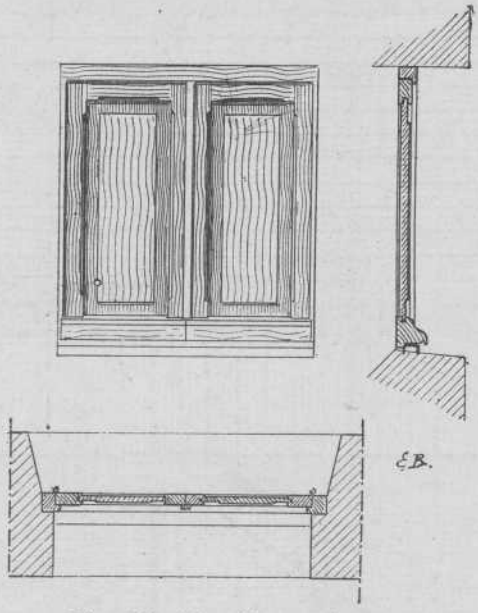


Figs. 957 y 958. — Puerta de garaje corrediza.

veces se hacen las puertas llamadas correderas de una o dos piezas, según las condiciones particulares que precise cumplir.

Se comprende que, bien suspendidas y provistas de rodamientos muy suaves, pueden ser bastante ligeras y poco deformables. Otra ventaja que poseen es la supresión del marco fijo (figuras 957 y 958).

Puerta carbonera. — En los zócalos o basamentos se reservan a veces pequeñas aberturas destinadas a la entrada del carbón, de la leña y, en general, de todos los aprovisionamientos que deben almacenarse en cierta cantidad y cuyo transporte a través de las habitaciones pudiera ocasionar suciedades o deterioros.



Figs. 959 a 961. — Puerta carbonera.

En las localidades tan dichosamente privilegiadas que no tienen ordenanzas ni reglamentos, se abren estas puertas hacia el exterior y se ponen los batientes por el interior. Pero en todas las demás poblaciones se abren hacia el interior, como se ve en la puerta representada en las figuras 959 a 961.

Puede hacerse, como ésta, de dos hojas, y también de una; la única cosa sobre que insistiremos es la necesidad de hacer la pieza de apoyo o traviesa inferior muy resistente, puesto que está destinada a sufrir choques y muy expuesta a un rápido desgaste.

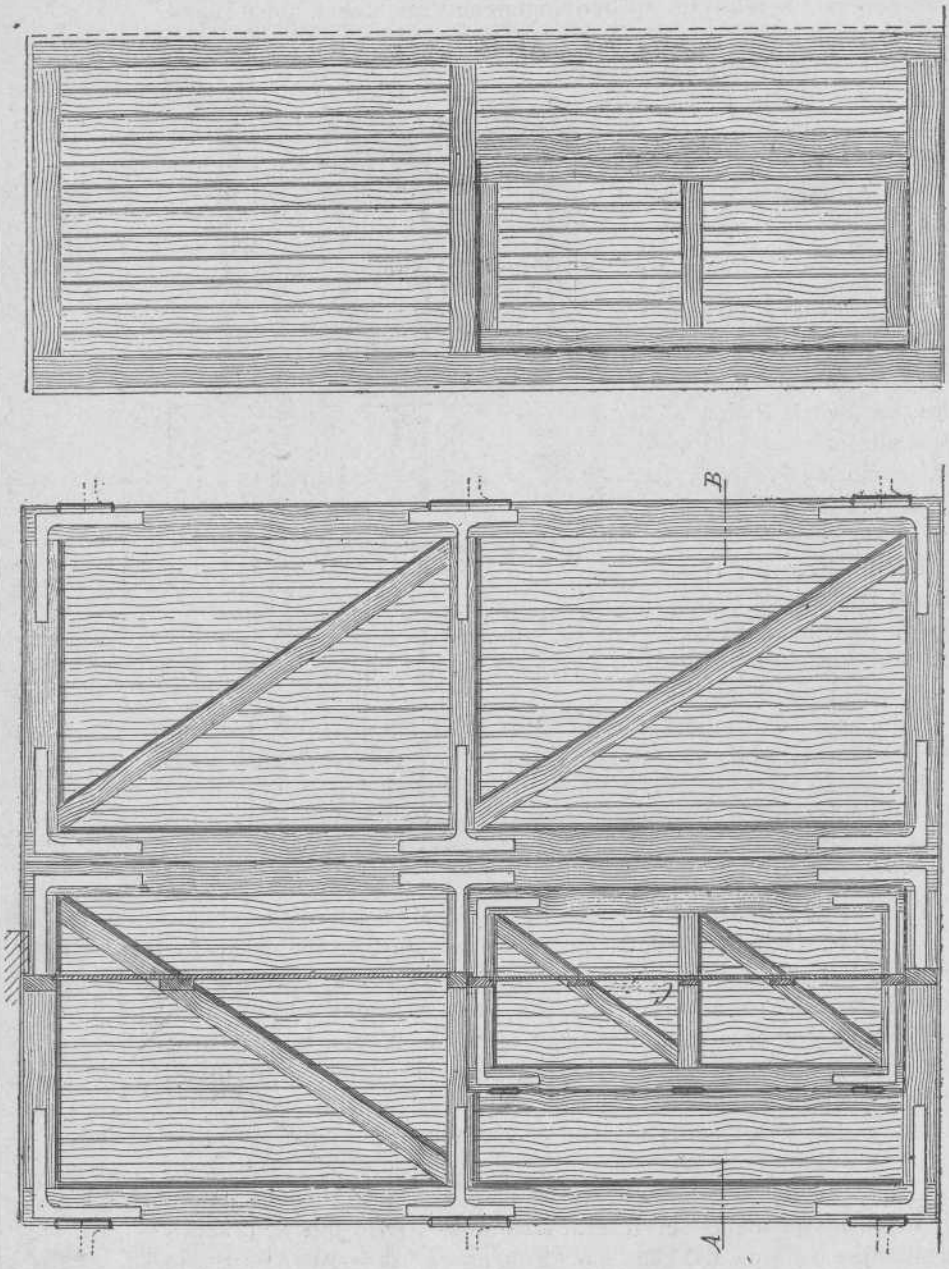
En una de estas puertas, que hemos ejecutado, hemos reemplazado la pieza del apoyo o *umbral* por un fuerte hierro ⊔ ligeramente inclinado hacia el exterior para despedir el agua fuera.

Puertas de carros. — Las puertas para carros son ordinariamente de dos hojas. Deben presentar un paso libre de 2,60 m. de ancho, por lo menos. Según los casos especiales y el destino, este ancho puede llegar hasta 5 metros y más. La altura es también muy variable, pues se comprende que si, por ejemplo, la puerta pertenece a un almacén de forrajes, la altura necesaria puede ser de 6 m.

Su construcción debe ser robusta, pues estas puertas suelen estar muy mal tratadas. No indicamos aquí las escuadrías, porque al variar las dimensiones, habrá que variar la sección de las piezas (figs. 962 a 964).

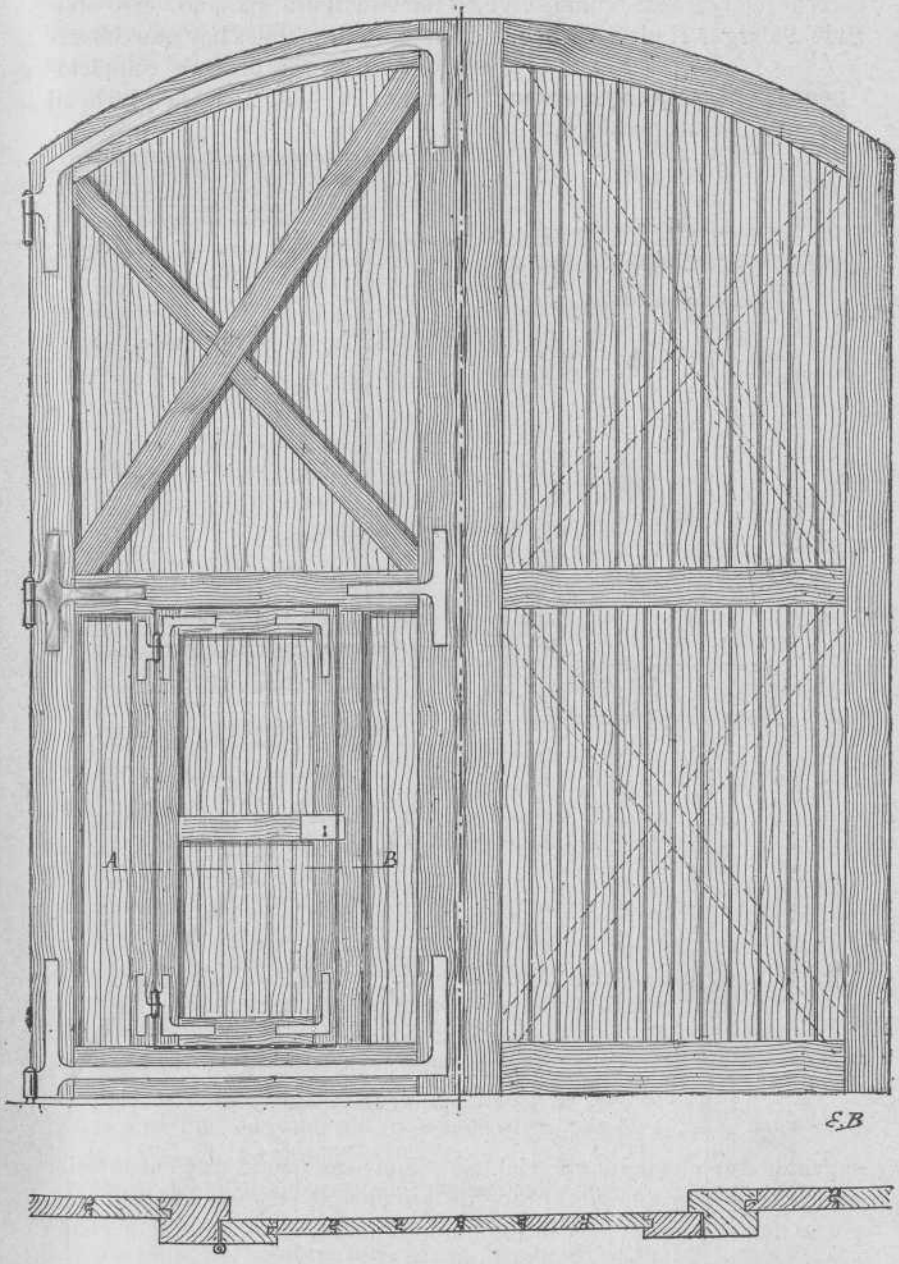
Como estas puertas suelen ser muy pesadas, sería molesto para el paso de los peatones servirse de una hoja, por lo que se practica casi siempre en una de ellas una pequeña puerta o *postigo*. En la figura 964 se ve la hoja del postigo desde el exterior.

Pueden variar las formas; puede ser el vano un arco escarzano, un



Figs. 962 a 964.—Puerta de carros. Vistas interior y exterior. *AB* sección horizontal, *CD* sección vertical.

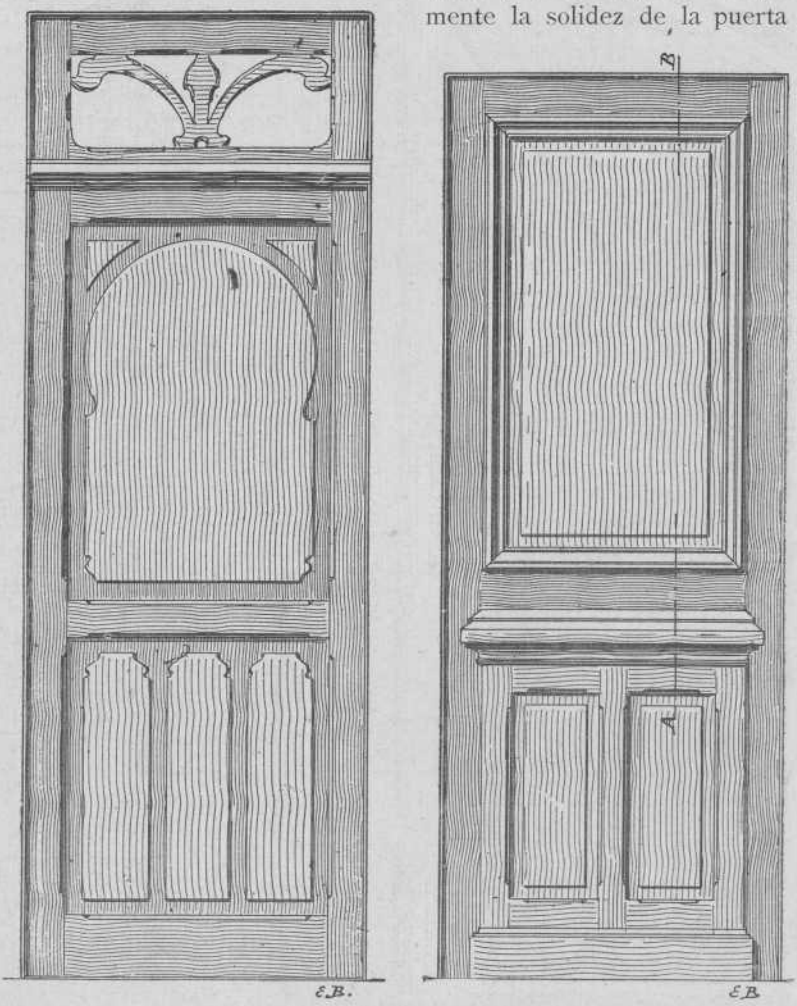
carpanel o un medio punto. Los tornapuntas pueden doblarse, como en las figuras 965 y 966, con lo que se arriostran mejor los tableros.



Figs. 965 y 966. – Puerta de carros.

Este segundo ejemplo lleva igualmente un postigo, pero colocado

en el centro de la hoja. El paso por el postigo ha de hacerse, por lo general, colocando el pie sobre el travesaño inferior, y entonces es preciso reforzar éste, como se ve en nuestra figura, para no verse obligado a alargar el pie por encima de esta traviesa, pues hay que conservarla para no destruir completamente la solidez de la puerta al



Figs. 967 y 968. — Puertas de entrada.

suprimir este elemento esencial. Se comprende que la traviesa inferior se desgastaría pronto por el roce de los pies al paso de los peatones, por lo que se toma la precaución de protegerla por un umbral de chapa estriada de todo el largo del postigo.

He aquí las dimensiones aproximadas de las maderas para la construcción de esta última puerta: montantes y traviesa superior, 7×17;

traviesa intermedia, 7 × 15; traviesa inferior, 7 × 19; riostras, 4 × 11; tableros, 3 cm. de espesor.

Nuestra opinión es que abrir un postigo en una puerta es siempre debilitarla, y que, cuando sea posible, debe establecerse el postigo próximo a la puerta, pero no en ella.

Puertas de entrada de casas. — Según la importancia de la casa, estas puertas se hacen de una o dos hojas. El ancho mínimo es de 1 metro para las de una hoja (fig. 967). Se hacen también de 0,90 y hasta de 0,80, pero solamente en casas que no tienen más que pequeñas viviendas. Este modelo es un poco fantástico, y generalmente las puertas se ejecutan por el estilo de la figura 968, con marco fijo de 7,5 × 7,5; bastidor de 5 × 5,4; molduras de encuadramiento y tableros de 3,7 moldados a dos haces. La figura 969 da las secciones de estas piezas y muestra la construcción del basamento, cuyas superficies, interior y exterior, son diferentes.

Algunas puertas se tratan de una manera más o menos original, en un estilo que armonice con el conjunto arquitectónico. El modelo que damos en la figura 970 no es muy recomendable, porque el excesivo calado es nocivo para la solidez, cualidad que siempre se reclama a una puerta exterior. Como lleva mucha mano de obra, saldría además a un precio bastante elevado. Creemos que estaría más en su punto empleada como puerta interior.

Las puertas de dos hojas tienen siempre por lo menos 1,30 m. de ancho, porque dejándose con frecuencia inmovilizada una de las dos hojas, el ancho de la que se abre debe ser como mínimo de 0,65 m.

La altura de las puertas de entrada, no comprendida la imposta, no debe ser inferior a 2,50 m., porque con una altura menor sería más difícil el paso de los muebles.

Para dar luz al vestíbulo de entrada, se hacen frecuentemente las puertas vidriera por la parte superior, sobre todo si no existe imposta, y esta disposición puede aplicarse tanto a las puertas de una hoja como a las de dos

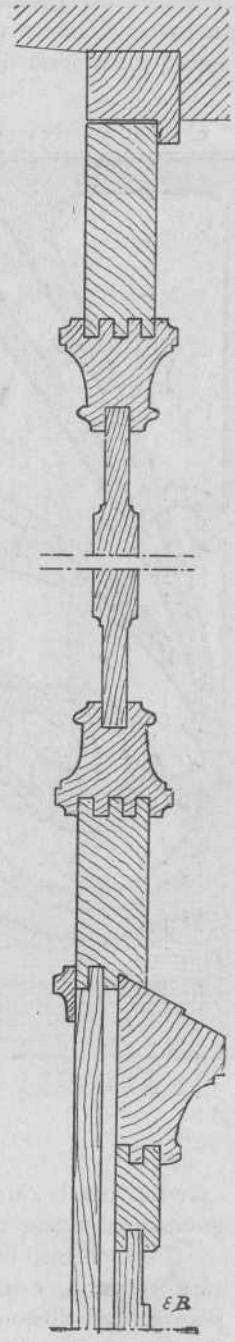
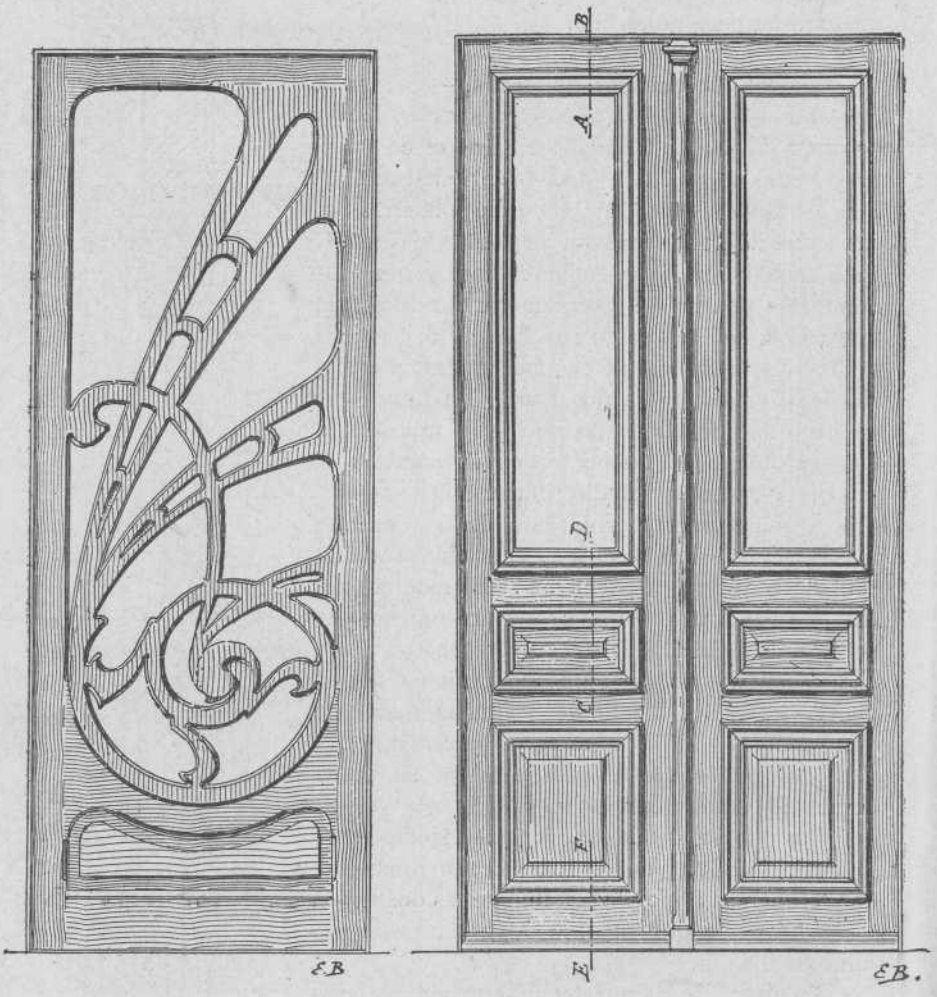


Fig. 969.—Sección *AB*.

hojas. Pero es preciso, no obstante, conservar a la puerta su carácter de seguridad y todas sus cualidades de cerramiento. Para esto, se guarnece el hueco con un panel calado de fundición o hierro forjado (figura 971). Esta especie de cancela no será desmontable desde el



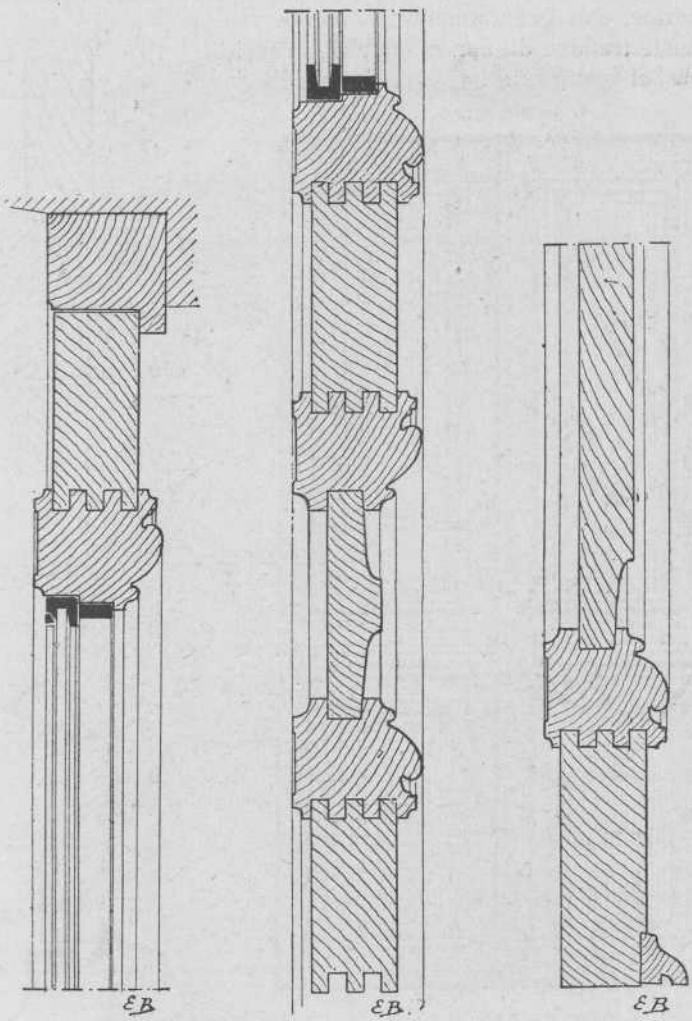
Figs. 970 y 971. — Puertas de entrada.

exterior, por lo que su bastidor debe quedar cogido en una ranura y montado al mismo tiempo que la puerta.

Pero en caso de rotura o deterioro de la cancela, puede ser necesario quitarla, y entonces es absolutamente preciso desarmar toda la puerta. Como esto es un grave inconveniente, puede también montarse el marco de la celosía metálica en un rebajo interior (fig. 972), fijándolo

con tornillos fresados, que desaparecen por completo si se tapan con masilla; esto hace que, sobre todo desde fuera, sea muy difícil encontrarlos.

El cristal destinado a impedir la entrada del aire y del frío se aloja



Figs. 972 a 974. — Secciones verticales.

en un bastidor ranurado que se coloca en un segundo rebajo, junto al del panel-cancela (figs. 972 y 973).

Las escuadrías pueden ser las siguientes: marco fijo, 7,5 × 7,5; bastidor móvil, 5 × 5,4; recuadros moldurados, 7,5 × 7,5; tableros, 3,7 (figura 974).

Cuando no es preciso dar luz al vestíbulo, por ejemplo, por encontrarse éste iluminado por el otro extremo, las puertas pueden hacerse de tableros llenos, de madera, y presentar un aspecto por el estilo de nuestro dibujo (fig. 975).

Las dos caras opuestas de las puertas no son siempre semejantes. La interior, que generalmente es menos visible, puede tratarse de una manera más sobria. Además, el frente exterior, expuesto a la lluvia,

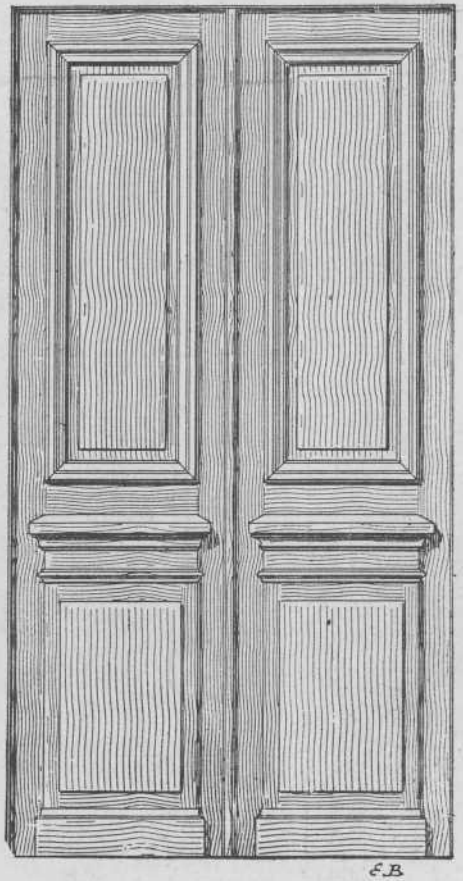
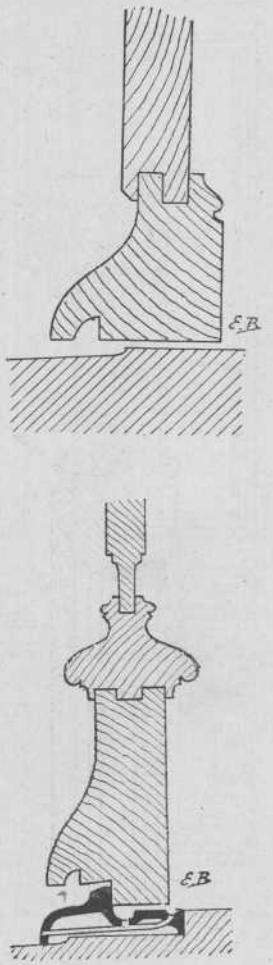


Fig. 975. — Puerta de entrada.



Figs. 976 y 977. — Bateaguas.

debería estudiarse de forma que despidiese las aguas pluviales lo más pronto posible, lo que siempre garantiza una duración mayor a la obra.

Se debe pensar también en evitar la entrada del agua arrojada por el viento, que podría penetrar en el vestíbulo. Para esto, se guarnece la parte inferior de la puerta con un *bateaguas* o *vierteaguas* con bastante saliente para arrojar éstas fuera y bastante lejos; el umbral,

inclinado ligeramente hacia fuera, también desagua al exterior (fig. 976). Este umbral se hace algunas veces de fundición o de hierro y vierte mejor las aguas, pero constituye un obstáculo al paso (fig. 977).

Las puertas que preceden son muy sencillas, por estar destinadas a casas ordinarias, y si bien nuestra intención es conservar a este libro

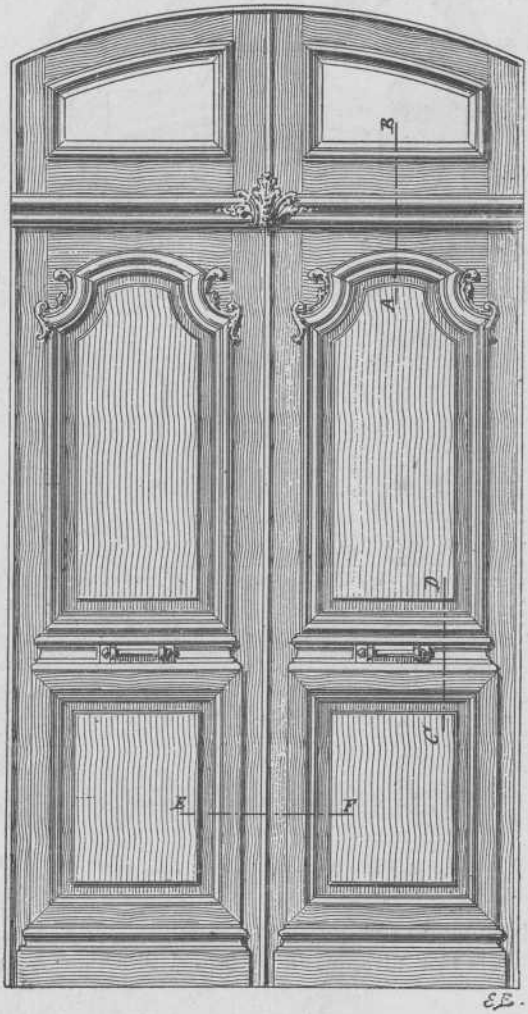


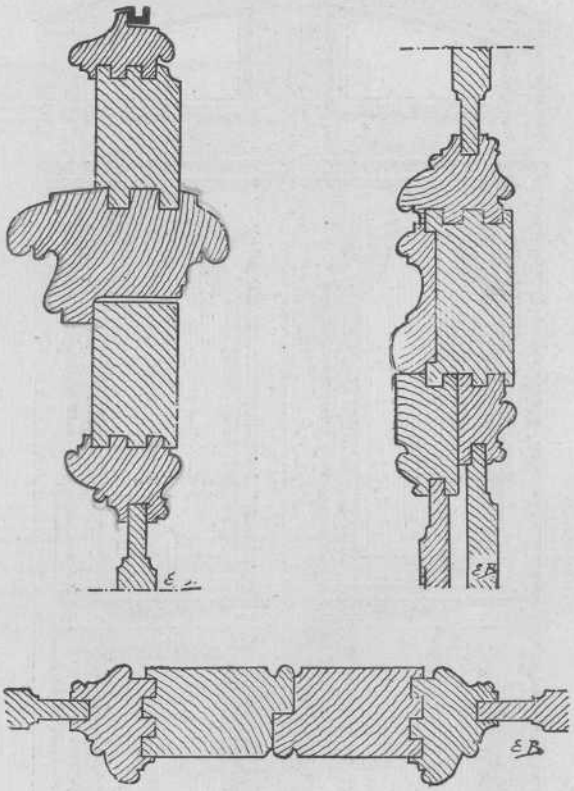
Fig. 978. — Puerta de entrada.

un carácter de estricta utilidad, daremos algunos ejemplos de puertas algo más ricas que las descritas, y esto sin dejarnos arrastrar más allá del plan que nos hemos trazado.

Veamos (fig. 978) una puerta estilo Luis XV con montante. Cuando éste alcanza tales dimensiones que puede permitir el paso de un hom-

bre o poco menos, es prudente guarnecer los huecos con barrotes de hierro o paneles de hierros forjados, a menos que la altura haga inútil esta precaución por las dificultades de acceso resultantes.

Esta puerta tiene dos caras distintas. Las escuadrías de las maderas son sensiblemente iguales a las de la puerta, figura 971, salvo la traviesa de imposta que se saca de una pieza de 8 × 13 (fig. 979). Los



Figs. 979 a 981. — Secciones.

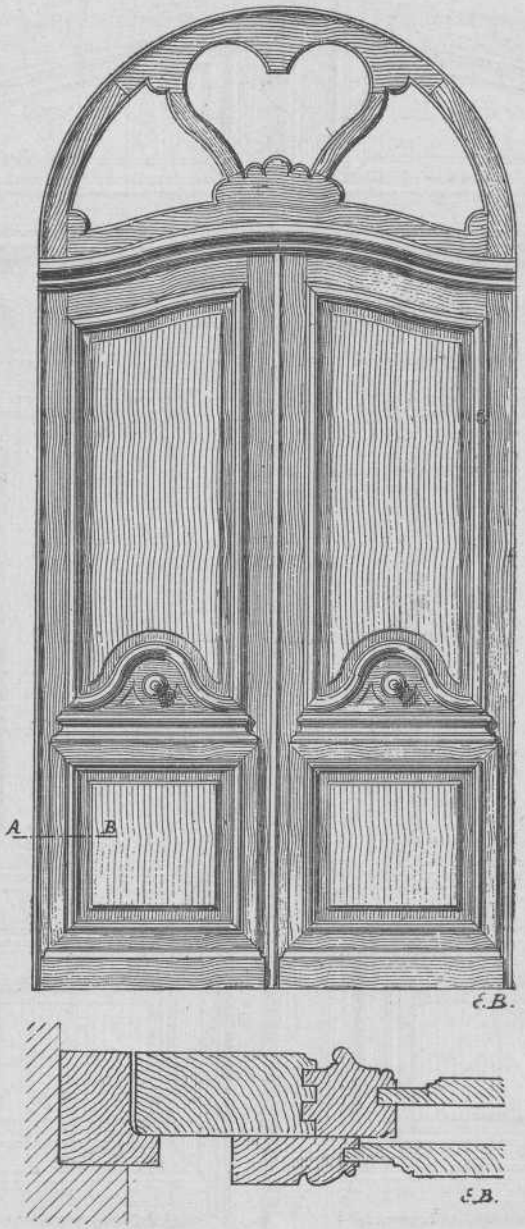
tableros del basamento son dobles con molduras diferentes, como se ve en la figura 980. Por último, en la figura 981 damos la sección de batientes.

Para abrir esta puerta puede empujarse la hoja de la izquierda o la de la derecha, y hemos figurado la de la izquierda para abrirse primero, lo que no es corriente, pero esto no tiene aquí ninguna importancia.

Las puertas pueden tener diversas formas de contorno, según que la parte superior sea recta, en arco escarzano, carpanel o de medio punto, y, naturalmente, esta forma tiene su influencia sobre el montante.

Nuestra figura 982 es de medio punto, con montante de cristales.

La traviesa de imposta es de doble curvatura, como conviene al carác-



Figs. 982 y 983. — Puerta de entrada y detalle.

ter especial de la puerta. El zócalo, en saliente sobre el bastidor móvil, lleva dos tableros de distintos perfiles en cada cara (fig. 983).

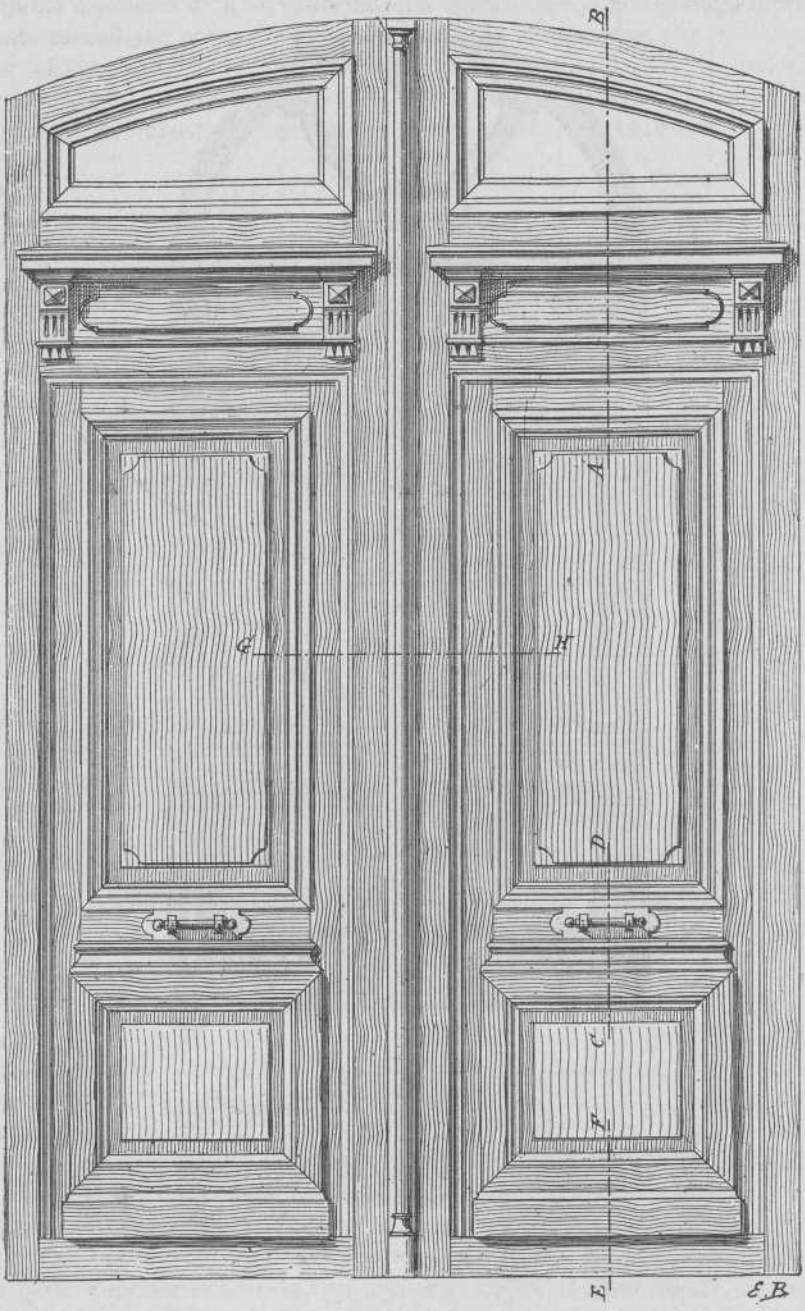
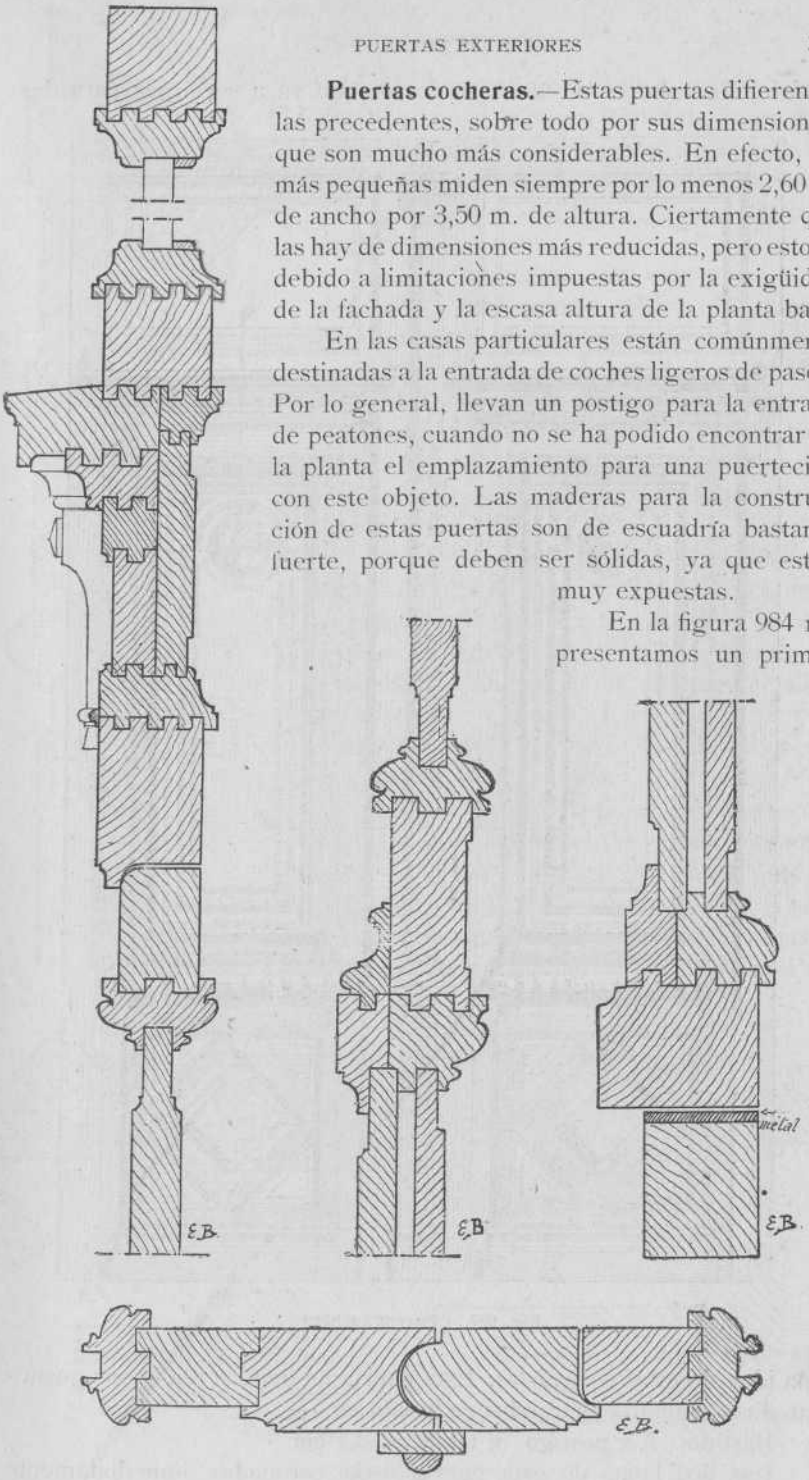


Fig. 984. — Puerta cochera.

Puertas cocheras.—Estas puertas difieren de las precedentes, sobre todo por sus dimensiones, que son mucho más considerables. En efecto, las más pequeñas miden siempre por lo menos 2,60 m. de ancho por 3,50 m. de altura. Ciertamente que las hay de dimensiones más reducidas, pero esto es debido a limitaciones impuestas por la exigüidad de la fachada y la escasa altura de la planta baja.

En las casas particulares están comúnmente destinadas a la entrada de coches ligeros de paseo. Por lo general, llevan un postigo para la entrada de peatones, cuando no se ha podido encontrar en la planta el emplazamiento para una puertecilla con este objeto. Las maderas para la construcción de estas puertas son de escuadría bastante fuerte, porque deben ser sólidas, ya que están muy expuestas.

En la figura 984 representamos un primer



Figs. 985 a 988. — Secciones de la figura 984.

modelo, en un hueco de arco escarzano, que va a servirnos para dar

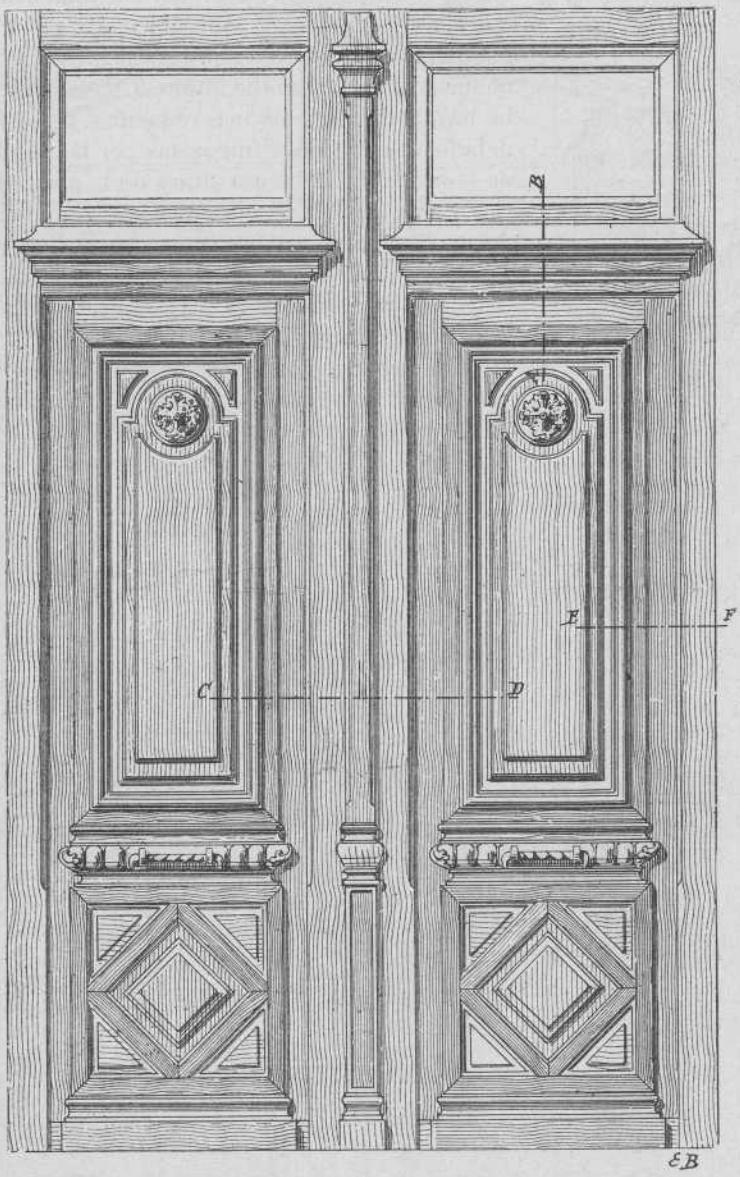
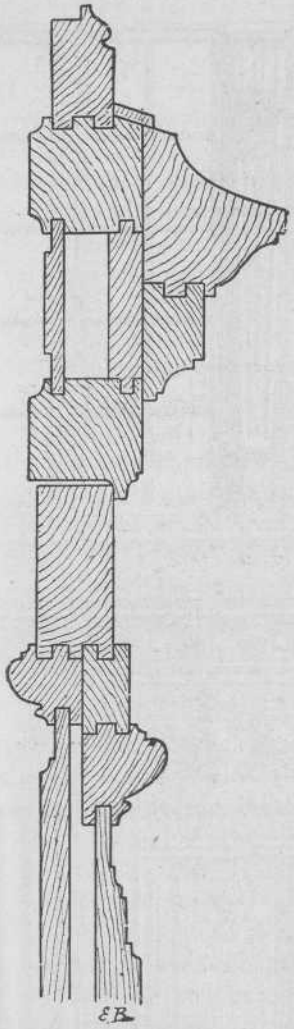


Fig. 989. — Puerta cochera.

una idea de estas escuadrías. Esta puerta no tiene cerco, y sus goznes van directamente empotrados en la fábrica.

Bastidor, 7,5; postigo, 5; tableros, 3,7 cm.

Las dos hojas de esta puerta están coronadas, inmediatamente



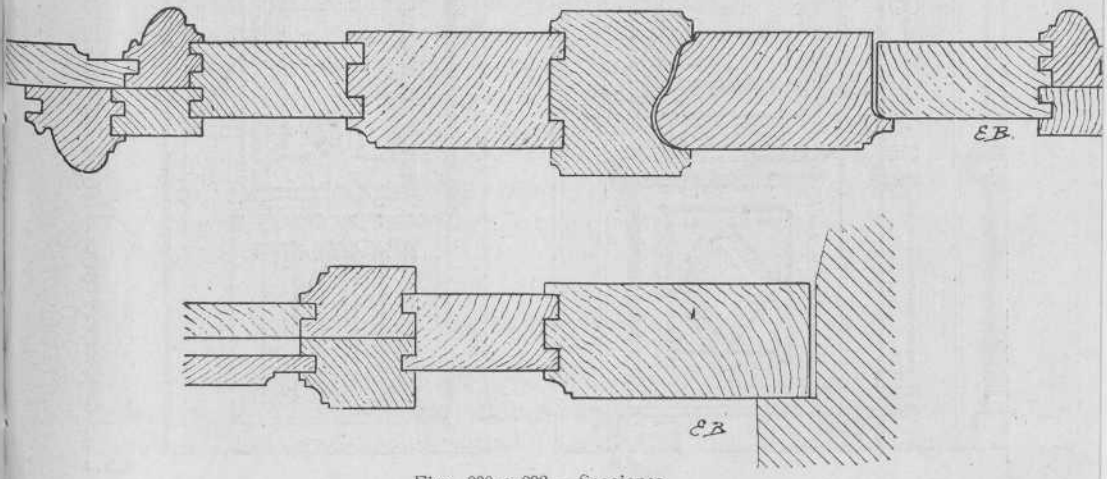
sobre la imposta, por pequeños áticos, cuyo detalle se ve en la figura 985. Esta figura da al mismo tiempo la sección por la parte alta del postigo. El tablero de esta parte alta es sencillo, moldado a dos haces, aunque de caras distintas.

Las ensambladuras de esta puerta ofrecen cierta complicación y obligan al carpintero a un trazado de mucha precisión.

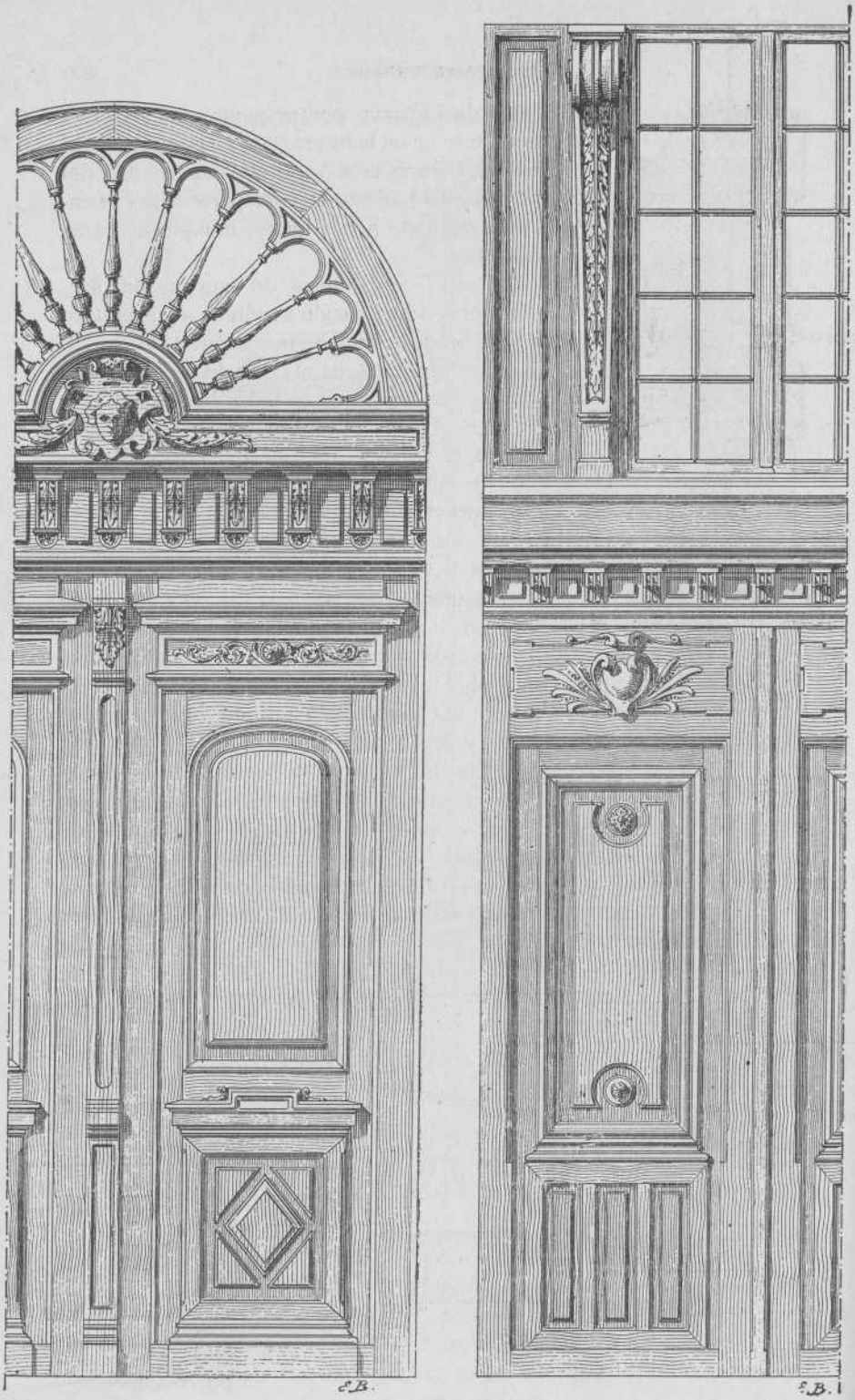
La figura 986 da el corte de la parte superior del basamento, con todas las molduras y perfiles. Por la parte inferior de este basamento, la traviesa inferior del postigo forma saliente sobre el bastidor de la puerta y figura un plinto (fig. 987).

Como ya tenemos dicho, el ancho del postigo es de 0,90 m. y su altura de 2,52 m., aproximadamente. En la parte derecha de este postigo, la traviesa inferior de la puerta está guarnecida siempre de un umbral metálico, de cobre o de hierro, según los casos y el grado de riqueza del conjunto. Muchas veces se hace de chapa estriada.

Las dos hojas de la puerta grande se cierran, llevando sus batientes labrados *a borja,* como se ve en la figura 988, con objeto de conseguir un cierre perfecto y evitar el paso del aire, al mismo tiempo que ambas hojas se sujetan mutuamente y se evita su alabeo. Pero



Figs. 990 a 992. — Secciones.



Figs. 993 y 994. — Puertas cocheras con montante de entresuelo.

en contra de estas ventajas tenemos el inconveniente de que no pueden abrirse independientemente las dos hojas, por lo que hacen absolutamente indispensable el postigo para los peatones, con objeto de no tener que abrir al mismo tiempo ambas puertas para el paso de una persona.

Hemos olvidado decir que el umbral del postigo no debe tener nunca una altura superior a la de un escalón ordinario, o sea, como máximo, 16 a 18 cm. Pero esta altura es más que suficiente para que a la traviesa inferior se le pueda dar bastante solidez y raramente se alcanza.

La puerta que representamos en la figura 989 es de líneas rectas. Como en la anterior, los montantes de cristales permiten el paso de la luz al interior.

Desde el punto de vista de su construcción, difiere poco de la que dimos en la figura 984. Sin embargo, es más sencilla; lleva también un postigo y termina igualmente por abajo en un zócalo saliente. El ático está compuesto como indica la figura 990. Los tableros son dobles, tanto en la parte alta como en la baja y con perfiles diferentes en ambas caras.

La figura 991 muestra la juntura de los batientes, cuya boca presenta una disposición especial, con las mismas ventajas e inconvenientes que la de borja en la puerta anterior.

Lo mismo que ésta, no tiene cerco y los goznes están empotrados en la mampostería (fig. 992).

Con frecuencia, la carpintería de las puertas cocheras se prolonga a la altura del entresuelo y afectan entonces las formas de medio punto, arco rebajado, carpanel o dintel, simplemente. Veamos (fig. 993) un ejemplo de medio punto, tratado en estilo Renacimiento.

Esta disposición del montante en semicírculo es bastante decorativa, pero tiene el defecto de no dar bastante claridad a la habitación correspondiente del entresuelo, y encontramos preferible el montante de forma recta (fig. 994), que permite una superficie luminosa mucho más considerable.

Estas puertas, hasta el nivel del pavimento del piso, se construyen de maderas de grandes escuadrías, como corresponde a una obra que debe ser muy resistente. No ocurre lo mismo con la parte fija establecida al nivel del entresuelo, que puede establecerse con maderas de las empleadas corrientemente en la carpintería de taller, es decir, relativamente ligeras.

No obstante, pensamos que conviene tener presente el aislamiento de la temperatura exterior y, por lo tanto, aconsejamos hacer doble esta parte, como la inferior.

Puertas interiores

En el interior de las casas de vivienda, las puertas se hacen generalmente de una o dos hojas, según su anchura; a veces se hacen también de cuatro o seis hojas, cuando son de casi todo el ancho de las

habitaciones que ponen en comunicación, con el objeto de hacerlas corridas en ciertas ocasiones. También se hacen de dos hojas desiguales cuando el vano es demasiado ancho para una y demasiado estrecho para dos. Se divide entonces el espacio libre en tres partes; dos, que constituyen la hoja que se abre frecuentemente, y la tercera parte no se abre más que cuando se necesita un paso más amplio, es decir, de todo el ancho del vano.

Se hacen también puertas de corredera, que evitan la molestia de las hojas abiertas en una habitación. Reemplazan ventajosamente a las puertas de cuatro o seis hojas de que acabamos de hablar, cuando se desea reunir dos salones sucesivos, o un salón y un comedor, por ejemplo. Las puertas correderas suelen ir alojadas en el hueco del muro o entre dos tabiques, que forman así una caja plana, donde se ocultan.

El ancho mínimo de las puertas es de 0,65 m. para las de una hoja o sencillas, y de 1,30 m. para las dobles. Generalmente y según su destino, el ancho de una puerta sencilla varía de 0,75 a 0,90 m., y el de una doble, de 1,35 a 1,80 m. Como altura, para el paso, no puede darse menos de 2,20 m. ó 2,30 m., según se trate de puertas de una o dos hojas.

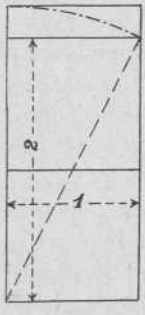


Fig. 995. Procedimiento gráfico.

Se ha tratado de encontrar una fórmula que diera una relación satisfactoria entre el ancho y el alto de una puerta, pero no se ha conseguido por completo.

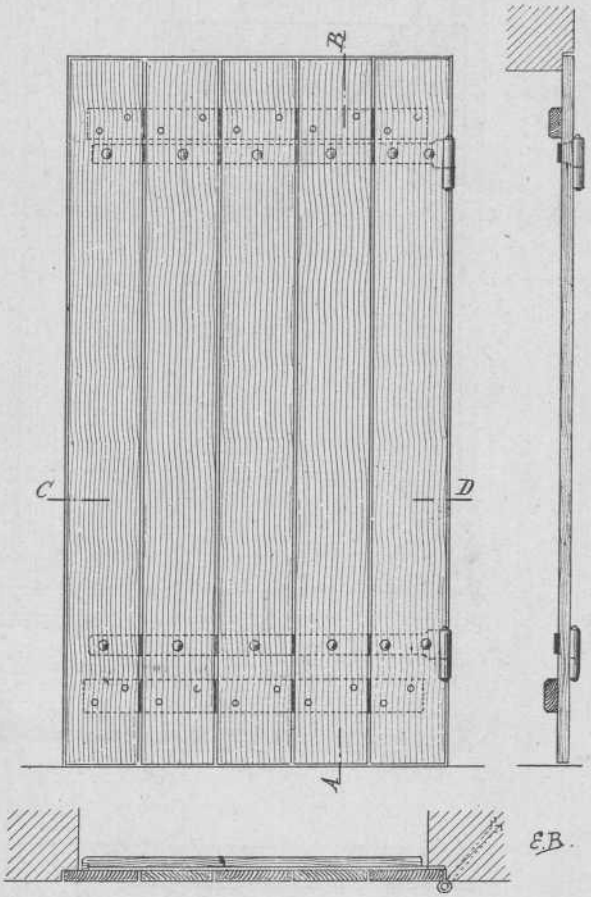
Se ha imaginado también el procedimiento gráfico siguiente: tomar la relación entre el lado menor y la diagonal de un rectángulo cuyos lados están en la relación de 1 a 2 (fig. 995). Esto da ciertamente una buena proporción, pero por desgracia el método es casi siempre inaplicable.

En efecto, se comprenderá que, en una habitación en que existan diversas puertas de distintos anchos, sería de mal efecto aplicar un procedimiento que daría diferentes alturas a todas las puertas. En algunos casos también, por ejemplo en el de una puerta muy ancha, la altura de la pieza no permitiría quizá dar a esta puerta la altura resultante del procedimiento gráfico citado.

Si, por otra parte, quisiera aplicarse el procedimiento a una puerta de 0,65 de ancho, se observaría que la altura obtenida resultaría absolutamente insuficiente para el paso, puesto que aproximadamente sería de 1,45 m.

Estas reflexiones nos conducen a decir que este medio sólo sería aplicable para las puertas de 1,10 a 1,20 de ancho. Es, por tanto, mejor no emplear este procedimiento sino cuando no hay que ocuparse más que de una puerta con un ancho suficiente para que la diagonal dé como mínimo 2,30 metros.

Puertas de cueva. — Las puertas de cueva se hacen generalmente de madera dura, encina o haya, y a veces de abeto, es decir, de la misma madera que los tabiques divisorios de cuevas que hemos visto anteriormente. Están constituídas por tablas según vienen de la sierra, juntas o espaciadas 1 cm., y de 3,7 de grueso, montadas sobre dos



Figs. 996 a 998. — Puerta de cueva.

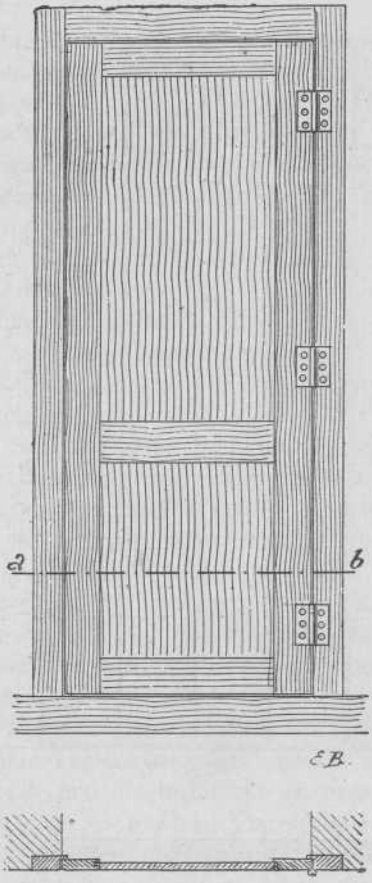
traviesas de 3,7 × 7,5, clavadas o cogidas con pernos (figs. 996 a 998).

La figura 997, sección *AB*, indica la posición de las traviesas y de los pernios. La figura 998, corte por *CD*, representa la puerta encajada en el rebajo, en forma que, una vez cerrada, sea imposible levantarla para sacarla de sus goznes.

Para evitar que estas puertas se deformen o *descuelguen*, se completa su armadura con un tornapunta de madera de la misma escuadría que los traveseros y colocado diagonalmente entre ambos, para trabajar a la compresión en caso de deformación de la puerta; es decir, que el

tornapunta se apoya sobre la traviesa inferior, cerca del gozne y va oblicuamente a sostener la traviesa superior cerca del canto opuesto.

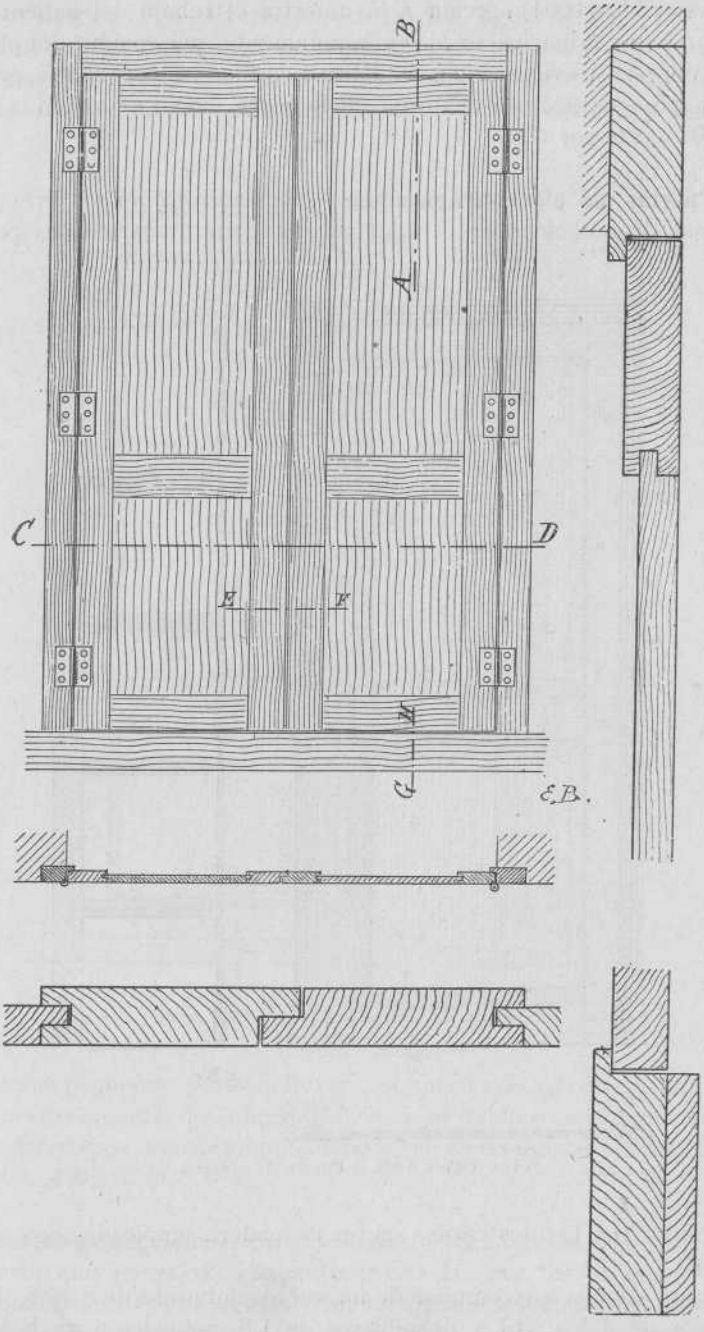
Puertas de alacena disimuladas. — Estas puertas van cubiertas con el mismo revestimiento de la pared en que se abren, ya sea este



Figs. 999 y 1000. — Puerta de alacena.

revestimiento papel, yeso, etc., con objeto de que no resulten visibles (figuras 999 y 1000).

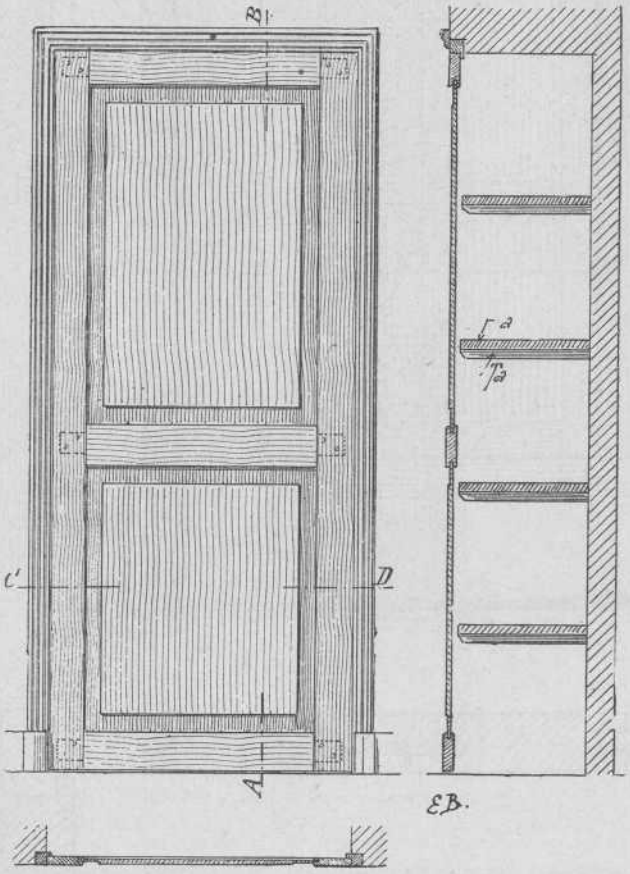
Se hacen de forma que todas las maderas enrasen exteriormente, quedando por dentro las diferencias de espesor; pueden ser de una o dos hojas y construídas con las escuadrías siguientes: cerco fijo de madera de 3,7, alojado en un rebajo del muro; bastidor, 2,5; tableros, 1,8 cm. Los montantes verticales tienen 11 cm. de ancho y 12 los traveseros (figs. 1001 a 1005).



Figs. 1001 a 1005. — Puerta de alacena de dos hojas.

La figura 1003, sección *AB*, nos indica el paramento enrasado y el interior. La 1004, sección *EF*, muestra el rebajo del batiente en medio. Estos armarios se abren comúnmente por encima del plinto. Para ello, la traviesa inferior del cerco fijo va recubierta por el plinto que guarnece el contorno de la pieza, como se ve en la figura 1005, corte por *GH*.

Puertas de alacena aparentes. — Se hacen como los armarios-alacenas disimulados por el empapelado, pero a cuarterones por el



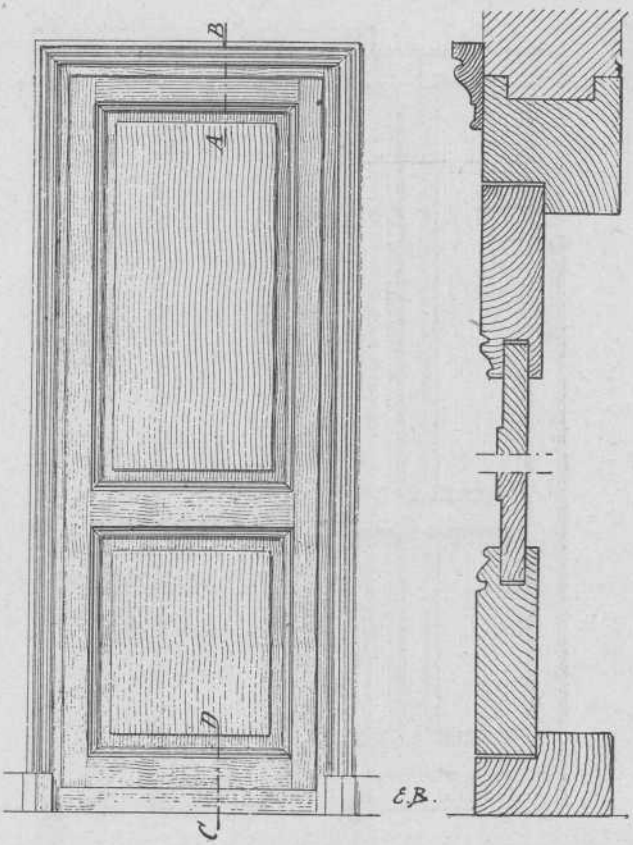
Figs. 1006 a 1008. — Puerta de alacena.

exterior o por las dos caras, según la madera empleada (figs. 1006 a 1008).

Esta alacena se compone de un cerco embutido de 8 × 8; de un bastidor de 3,7 × 3,7 y de tableros de 1,8 moldados a un haz. Un pequeño jambaje moldurado que termina en el plinto, tapa la junta que

queda entre el cerco y el muro. El interior, provisto de tablas *a* sobre listones laterales *Ta*, se ve en la sección *AB*, figura 1007.

También se hacen puertas aparentes de alacenas, con tableros pequeños, análogas a la que representamos en las figuras 1009 a 1011, una de cuyas caras tiene enteramente el aspecto de una puerta interior



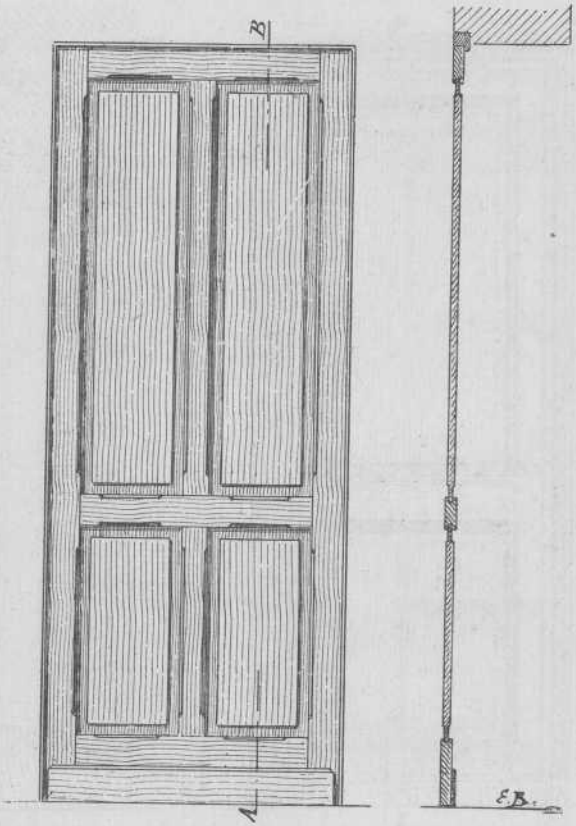
Figs. 1009 a 1011. — Puerta de alacena.

de tableros pequeños, pero sin llevar casi nunca más que dos recuadros.

Nuestro ejemplo de la figura 1009 es de tableros moldurados por el exterior y lisos interiormente, como se ve en las figuras 1010 y 1011, secciones *A B* y *C D*.

Puertas de servicio. — Se ha estudiado para ciertos usos un estilo de puerta que no pueda confundirse con las puertas ordinarias de las habitaciones, y se ejecutan, con elementos achaflanados, puertas absolutamente satisfactorias, como aspecto y como solidez (figs. 1012 y 1013).

Aquí, los tableros, dispuestos siempre a viciarse y a contraerse cuando son muy anchos, están divididos en dos por un montante medio y, como tienen menor superficie, son más robustos. Con los tableros moldados y los peinazos achaflanados, se obtiene un aspecto muy agradable. Esta puerta puede emplearse también para alacena, pero



Figs. 1012 y 1013. – Puerta de servicio.

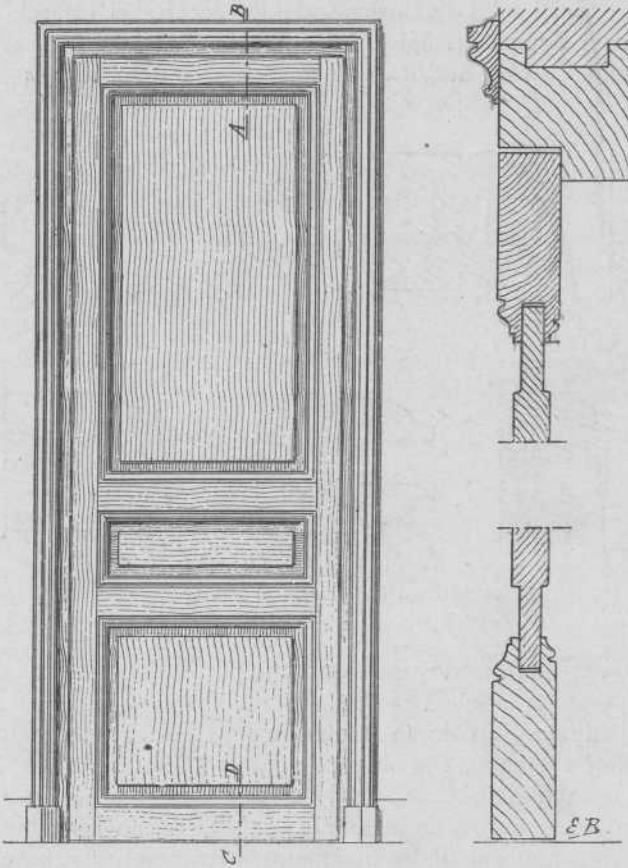
en este caso los tableros interiores se hacen lisos y los peinazos sin chaflanes.

Puertas de tableros pequeños. — Se ha convenido en llamar de tableros pequeños a las puertas de molduras *remetidas,* o sea labradas en el espesor de los peinazos y que, por tanto, no sobresalen del nivel de éstos. Por oposición, los grandes marcos moldurados, que veremos pronto, son más salientes que el bastidor y van acoplados a ranuras y lengüetas múltiples entre el tablero y el bastidor.

Las puertas de habitaciones tienen casi siempre dos paramentos

semejantes, es decir, dos caras vistas con el mismo trazado y la misma decoración más o menos sencilla.

Las puertas, de una o de dos hojas, pueden ir colocadas en alguna de las condiciones siguientes: 1.ª En un cerco sencillo de 8 × 8, compuesto de dos pies derechos y un dintel, si se trata de un entramado



Figs. 1014 a 1016. —Puerta de tableros pequeños.

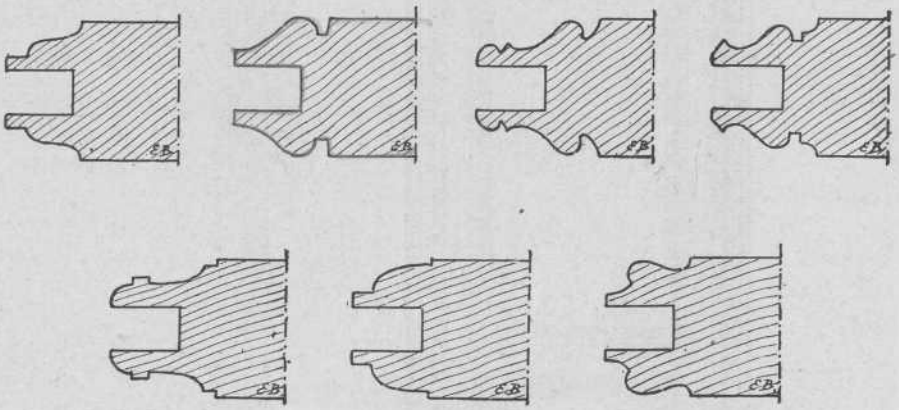
de madera, o de dos jambas y un cabecero, para los tabiques de *panderete* o ladrillo de canto. 2.ª En un cerco de 8 × 16, formado por dos jambas y un *puente* o dintel, para las *citaras* de ladrillo de media asta. 3.ª En un marco embutido en un rebajo de la fábrica, y cogido a ésta con patillas (7, generalmente), para los citarones y muros; la escuadría de este marco está naturalmente en relación con el peso de la puerta y las dimensiones del vano; suele ser de 3,7 × 7,5 para puertas pequeñas y de 7,5 × 7,5 para las puertas mayores.

En los muros, el marco va acompañado siempre de un contra-

marco en la cara opuesta, con una escuadría de 2,5 a 3,7 aproximadamente.

El grueso de los bastidores móviles es generalmente de 3,7 para las puertas de una altura inferior a 2,75 m. y de 3,7 a 5 para las de mayores dimensiones. El espesor de los tableros varía de 1,8 a 3,7.

Estas puertas tienen tres de sus lados rodeados por jambajes molduradas apropiados a las dimensiones del hueco. En el capítulo XVII se encontrarán algunos ejemplos. Los jambajes van cortados a inglete, a 45°, yuxtapuestos de manera que formen una escuadra en ángulo



Figs. 1017 a 1023. — Molduras remetidas.

recto, clavados y terminados inferiormente por estilobatos o zócalos de jambaje.

Estos jambajes se colocan a unos tres o cuatro centímetros del borde exterior del cerco, con objeto de cubrir la junta de éste con la fábrica del muro o tabique.

Los pequeños marcos de molduras que contornean los tableros se sacan del espesor mismo de los montantes y traveseros y forman un encuadramiento a estos tableros (figs. 1014 a 1016). Este modelo tiene tres tableros moldados.

Debemos recomendar, cuando la cuestión de economía no sea una condición absoluta, el empleo de la madera de roble en la confección del bastidor, porque los ensambles son más resistentes e impiden la pronta deformación de la puerta. En Francia también se emplea de preferencia para los tableros el álamo gris de Holanda, que no se raja y carece de resina. Pero cuando la economía es un factor decisivo, el melis para los peinazos y el flandes para los tableros dan muy buenos resultados.

La figura 1015, sección *A B*, da el detalle de la puerta por

su parte superior, y la figura 1016, sección *C D*, es el detalle de la parte baja.

Los tableros de un revestimiento o de una puerta llevan por todo el contorno un rebajo, formando una hoja más delgada, que en su extremo sirve de lengüeta para ensamblar en la ranura del bastidor. Los encuadramientos de los tableros pequeños llevan, como hemos dicho, la moldura tomada del mismo espesor de la madera, por lo que tiene poco relieve. En las figuras 1017 a 1023 se ven algunos dibujos, en los que hemos figurado la ranura para recibir el tablero.

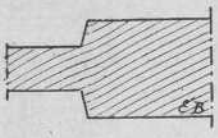
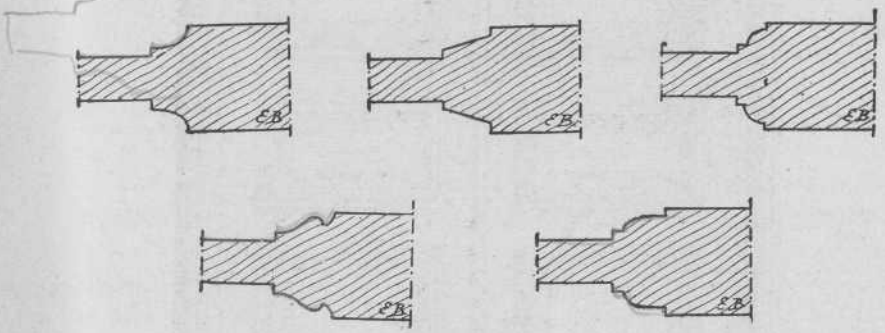


Fig. 1024. —Tablero liso.

Los rebajos de los tableros pueden hacerse sencillos y lisos, como se ve en la figura 1024. Pero a pesar del poco espesor de la madera y del pequeño espacio disponible, siempre pueden trazarse pequeñas molduras que aumentan la riqueza del conjunto. Damos algunos ejemplos en las figuras 1025 a 1029.

Para la distribución de los tableros en una puerta, se tiene en cuenta siempre que la cerradura debe estar a la altura de la mano y



Figs. 1025 a 1029. — Tableros moldurados.

además que esta cerradura debe corresponderse con una traviesa. La altura así obtenida dará un punto de partida para la división en recuadros.

Puertas de tableros grandes. — Estas puertas apenas difieren de las precedentes más que por los encuadramientos, que, en lugar de sacarse de los montantes y traviesas, están formados por una pieza moldurada independiente, con ranuras y lengüetas, interpuesta entre el bastidor y los tableros, reuniendo estas piezas.

En las figuras 1030 a 1033 tenemos el modelo de una puerta de este género. La figura 1031 nos da la composición de la parte superior.

Llamamos la atención sobre el perfil de los jambajes, que no sería conveniente en una habitación donde hubiera cimacio, porque éste no podría hacerse morir en una moldura de esta especie, necesitando siempre un jambaje con un lado plano igual por lo menos al espesor de

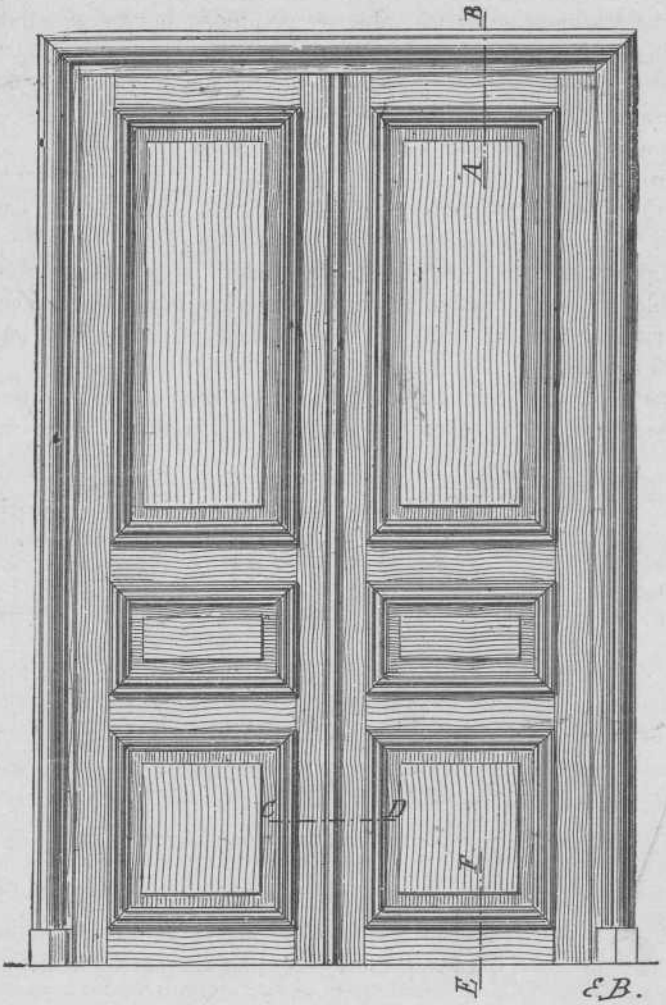
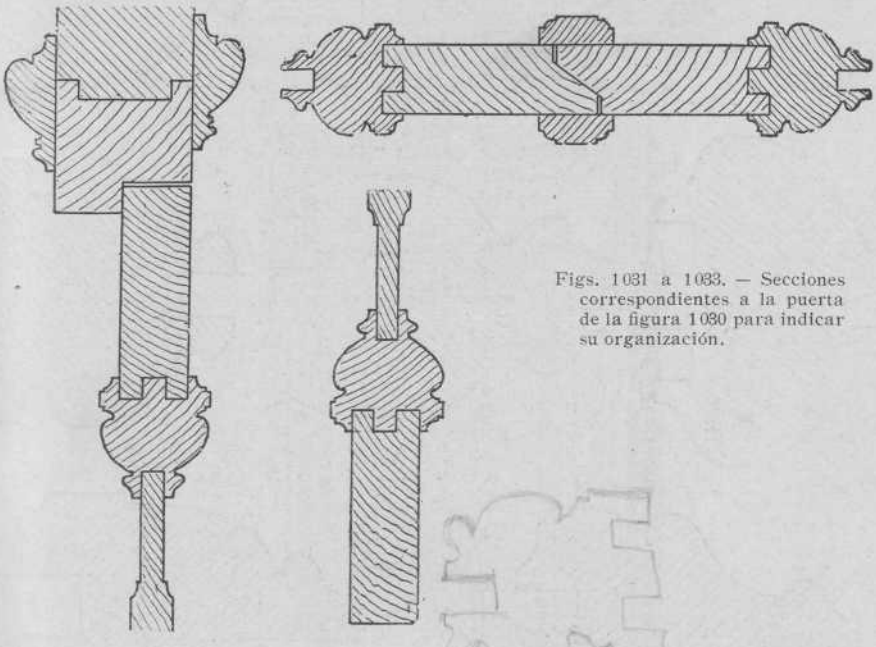


Fig. 1030. — Puerta de tableros grandes.

dicho cimacio. La figura 1032, corte por *E F*, da la parte inferior de la puerta; por último, la figura 1033, corte por *C D*, muestra claramente los montantes, batientes y molduras del encuadramiento.

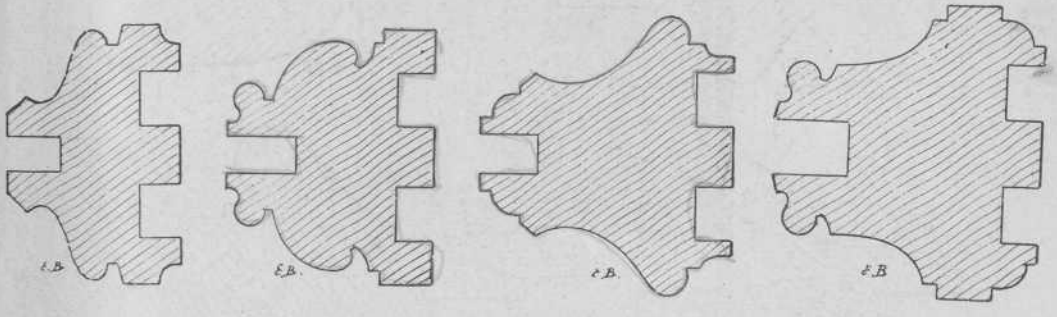
Hemos dicho que las molduras del encuadramiento, en los revestimientos y en las puertas, son una pieza interpuesta, que forma sobre el bastidor un saliente más o menos considerable según su importancia.

Estas molduras se sacan ordinariamente de maderas que tienen 3,7 a 11 cm. de espesor. La otra dimensión está determinada por la mayor o menor complicación del perfil.



Figs. 1031 a 1033. — Secciones correspondientes a la puerta de la figura 1030 para indicar su organización.

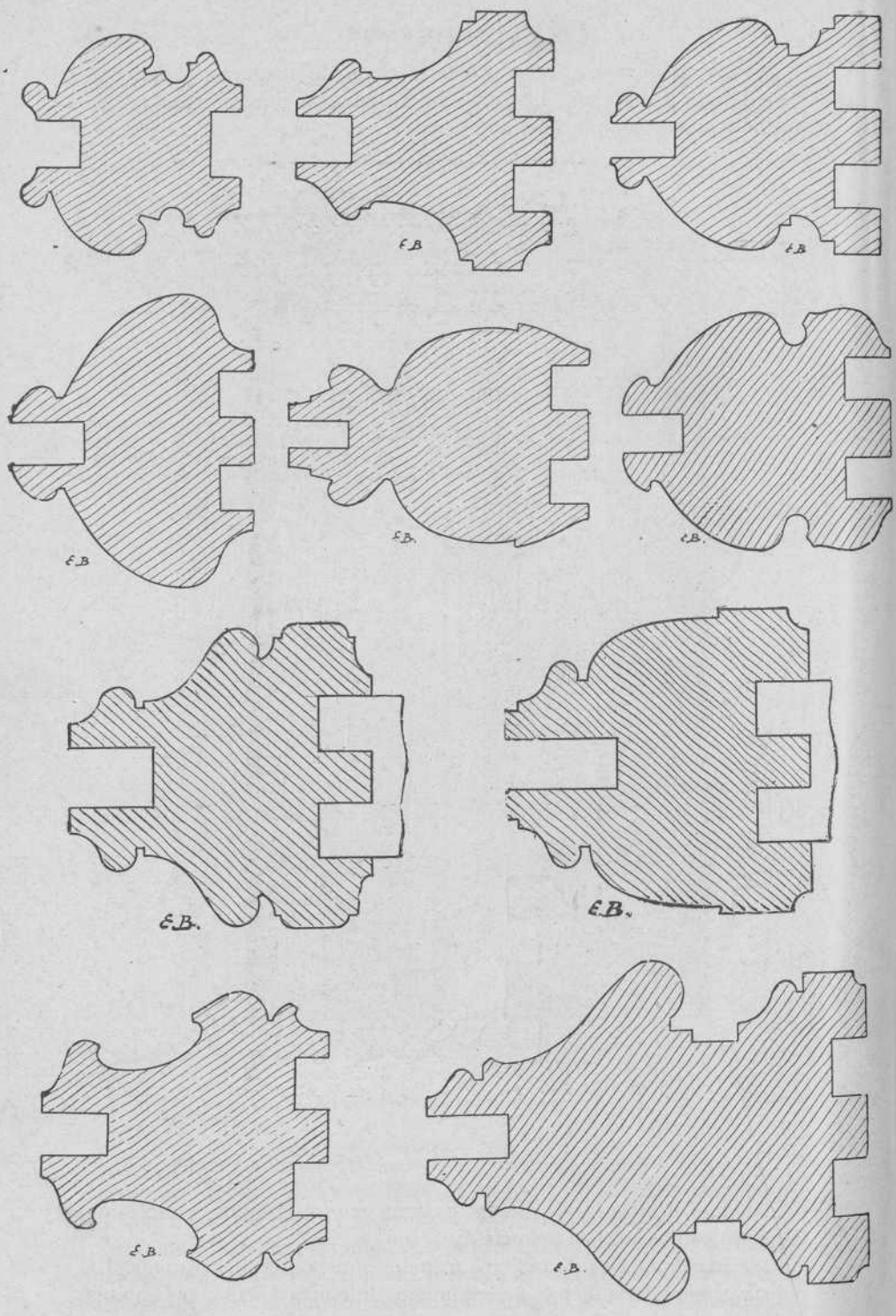
Creemos lo mejor hacer como para las molduras remetidas, es decir, dar una colección de diversos perfiles aplicables a cada caso par-



Figs. 1034 a 1037. — Molduras sobrepuestas.

ticular (figs. 1034 a 1047). Se encontrarán en estos dibujos ejemplos de todos los estilos y hasta del arte moderno.

Se hacen puertas de tableros grandes mucho más decorativas. La puerta propiamente dicha, generalmente de buena encina, no cambia



Figs. 1038 a 1047. – Molduras sobrepuestas.

de forma; se trata solamente de una mayor selección de molduras, y los tableros toman formas más decorativas; los jambajes se ornamentan y,

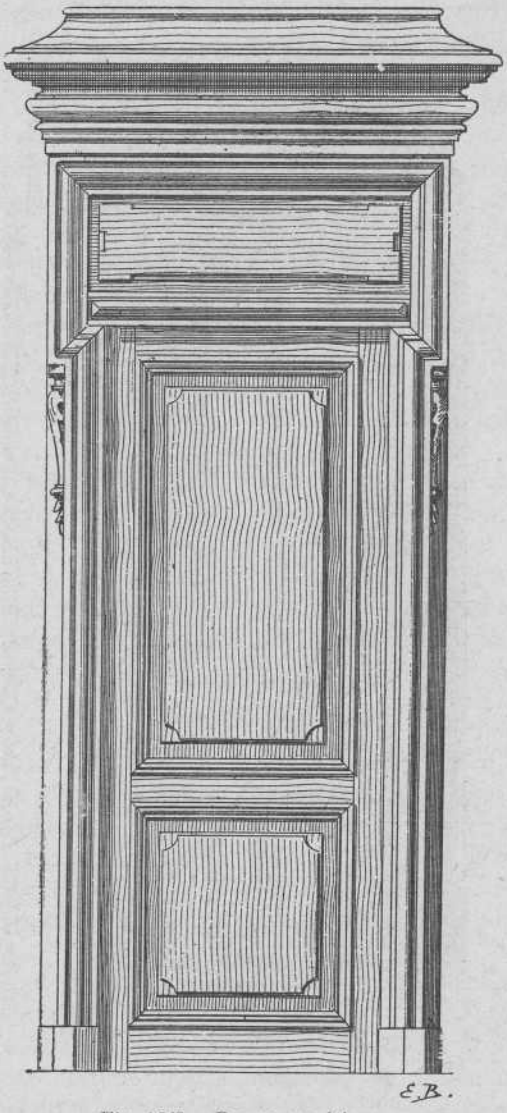


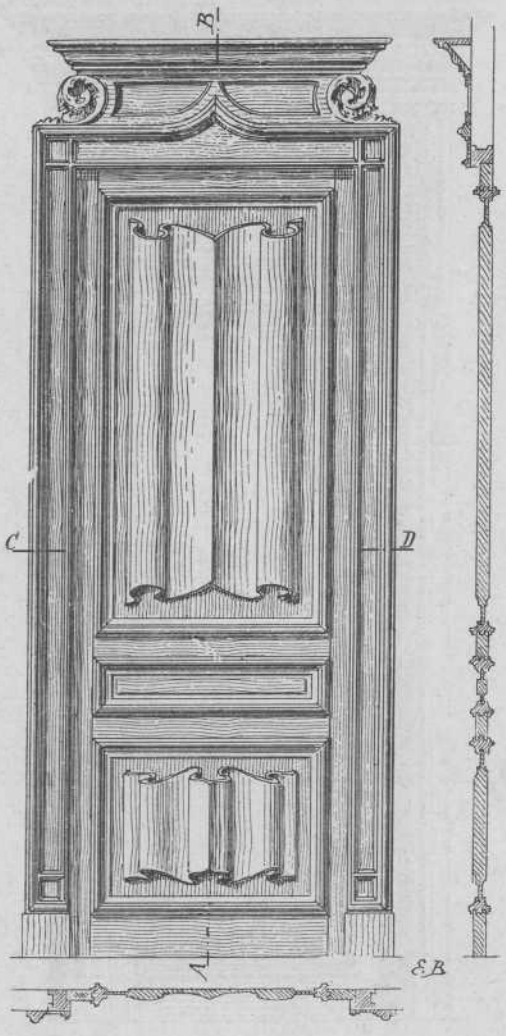
Fig. 1048. — Puerta con ático.

por último, una aplicación de ebanistería coronada de un ático da a la puerta la altura proporcionada al medio en que se coloca (fig. 1048).

Puertas diversas.— Algunas puertas, ya sean de tableros pequeños o grandes, no pueden clasificarse entre ellas, porque las que hemos

examinado no son más que modelos de los empleados corrientemente en las casas ordinarias.

Es natural que en habitaciones más lujosas deben ser utilizadas las puertas, como los restantes elementos de la construcción, para



Figs. 1049 a 1051. — Puerta con coronamiento.

hacerlas contribuir a la decoración. Esta necesidad de riqueza ha conducido a un estudio mayor de la forma y al empleo de motivos en armonía con el carácter, estilo y expresión del conjunto.

Veamos un ejemplo, tratado en el estilo del siglo XVI, que representa una puerta de una hoja. Aquí, además del coronamiento,

debemos advertir la manera de tratar el jambaje y los tableros (figuras 1049 a 1051).

El coronamiento es de líneas rectas y horizontales, ornamentadas como indica la figura 1050, sección *A B*.

Los tableros están provistos de una talla muy poco saliente con contorno muy marcado, cuyo origen es el siguiente: «En la ebanistería anterior al siglo XV era corriente, sobre todo tratándose de muebles, revestir los paneles con pergamino o con telas, pegados a la madera. Cuando éstas envejecieron, los revestimientos o tapicerías se despegarían en parte, produciendo pliegues de bordes retorcidos. Debe presumirse que los ebanistas tuvieron la idea de hacer de estos accidentes un motivo de ornamentación y un medio de proporcionar espesor a los tableros, dejando sus orillas delgadas.» (Viollet-le-Duc.)

Hábilmente trazados, estos perfiles, a los que se ha dado el nombre de pergaminos plegados, gracias a la diferencia de escalas entre el perfil de la sección y el dibujo de sus extremos, producen la ilusión de un espesor bastante considerable y, no obstante, el saliente máximo sobrepasa rara vez un centímetro o centímetro y medio.

Los perfiles de pergaminos pueden variarse hasta el infinito, pero casi siempre son bastante sencillos. La figura 1051, sección *C D*, muestra en pequeña escala la sección del panel o tablero.

El jambaje se compone de dos molduras distintas, pero la exterior repite la mitad de la pequeña, permitiendo así a las extremidades de la moldura interior, una vez cruzadas, venir a perderse en la exterior o mayor.

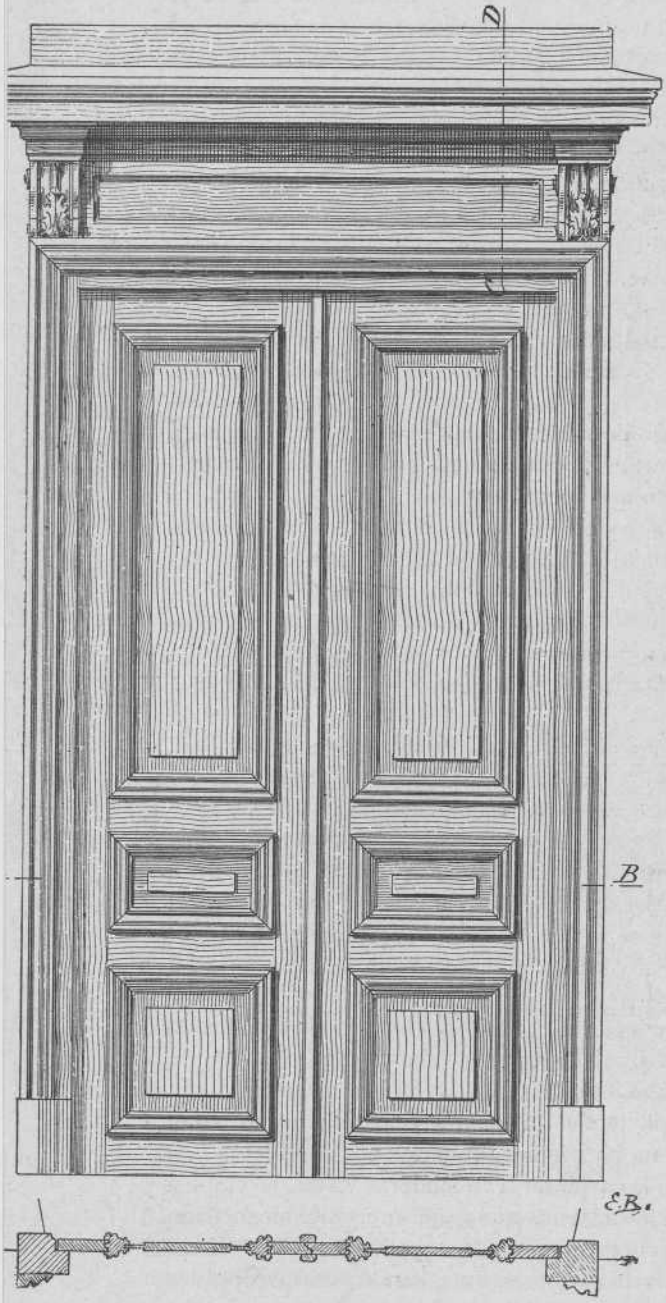
En nuestro ejemplo, se supone que esta puerta va en un tabique.

La puerta representada en las figuras 1052 y 1053 lleva un ático sobre dos ménsulas. Es de construcción muy sencilla y de aspecto severo y, aparte el ático, es análoga a las puertas de tableros grandes que hemos estudiado anteriormente. No obstante, obsérvese la gran importancia del marco fijo, que da al conjunto un gran relieve sobre el fondo y un carácter de solidez a la puerta, que es, al mismo tiempo, muy favorable para rematar las molduras de la pared, el cimacio y el plinto, por ejemplo.

El ático propiamente dicho está construído de la manera indicada (figura 1054) y, por haberse dibujado a una escala suficiente, la simple inspección de la figura evita una descripción.

Aunque en este libro nos hemos impuesto evitar todo lo posible el empleo de motivos de talla, no podemos eliminarlos por completo.

Cuando no se construye la carpintería en maderas vistas, se emplea con frecuencia el *staff* para los adornos que están fuera del alcance de la mano, es decir, que se encuentran en tales condiciones que difícilmente pueden deteriorarse, y el cartón-piedra cuando son susceptibles de contacto por su posición al alcance de la mano y de los utensilios corrientes.



Figs. 1052 y 1053. – Puerta con ático.

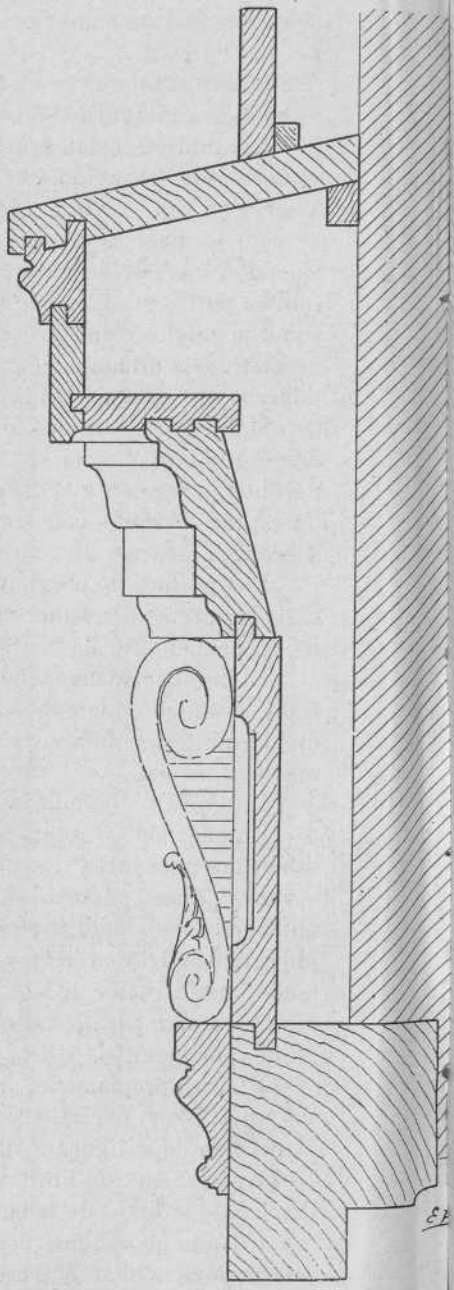
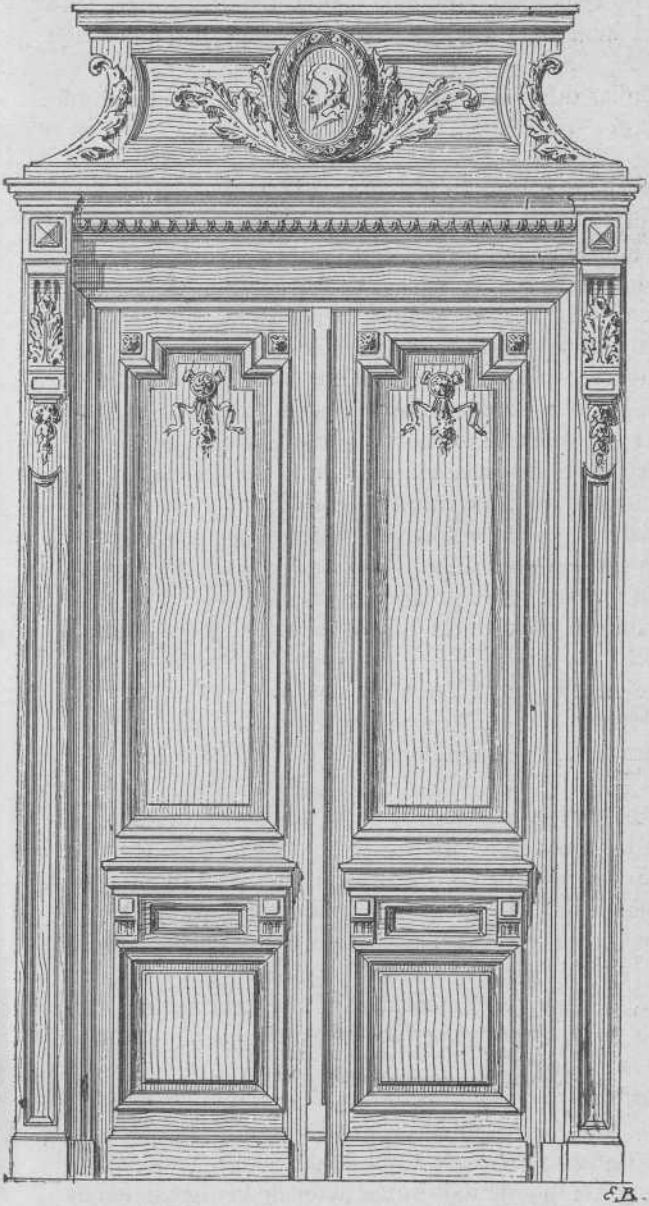
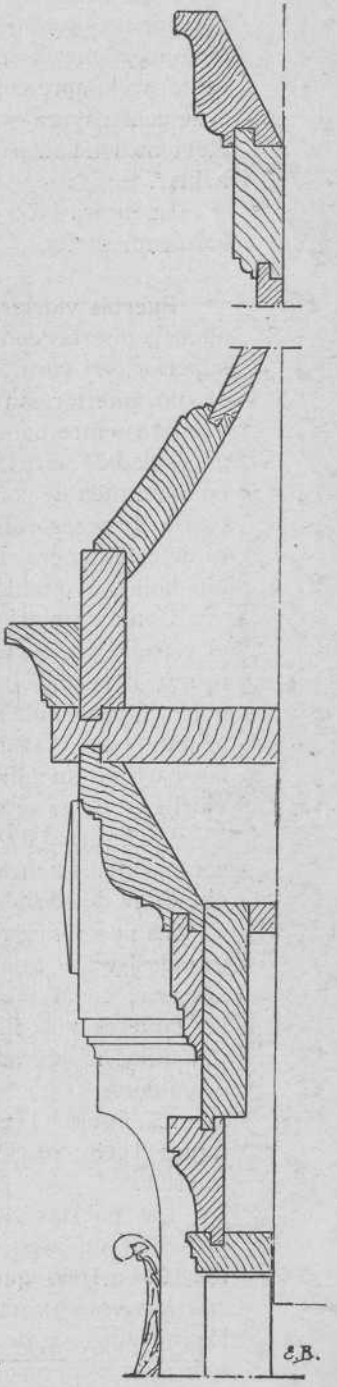


Fig. 1054. — Detalle del ático.





Figs. 1055 y 1056. - Puerta con coronamiento.

Nuestra figura 1055 es de estilo Luis XVI, de dos hojas, con jambas salientes y tableros de ángulos entrantes. No hemos introducido aquí más que el mínimo de talla indispensable para caracterizar el estilo, y siempre colocado fuera del alcance de la mano. Por lo tanto, si se construyera esta puerta para ir pintada, podría emplearse para los elementos tallados el staff o el cartón-piedra, de que acabamos de hablar.

La figura 1056 da las diferentes piezas y ensambles que forman el coronamiento.

Puertas vidrieras. — En las habitaciones se establecen con frecuencia puertas con cristales que sustituyen a los tableros en su parte superior, sea para dar luz a una entrada oscura o para dejarla penetrar en un interior sin luz directa. Se hacen también grandes puertas vidrieras entre habitaciones para recepción, permitiendo la vista sin necesidad de abrirlas. En las casas de alquiler se ponen estas puertas en la entrada de comedores y cocinas, y dan luz al mismo tiempo al pasillo de acceso. El modelo representado en las figuras 1057 a 1060 es de este género. Es, en suma, una puerta de tableros pequeños, de una hoja, cuyo tablero superior está reemplazado por un cristal.

Como un vidrio de una pieza es frágil, se entrecorta casi siempre el espacio por una barreta o baquetón. De este modo, en caso de rotura, la pérdida se reduce a la mitad. Esta barreta se ejecuta en madera, pero dada su longitud, que obligaría a darle una sección muy grande y poco favorable al paso de la luz, se emplean más a menudo las barretas metálicas, de hierro ⊥, o especiales moldurados para vidrieras, como se ve en la figura 1058, corte por *A B*.

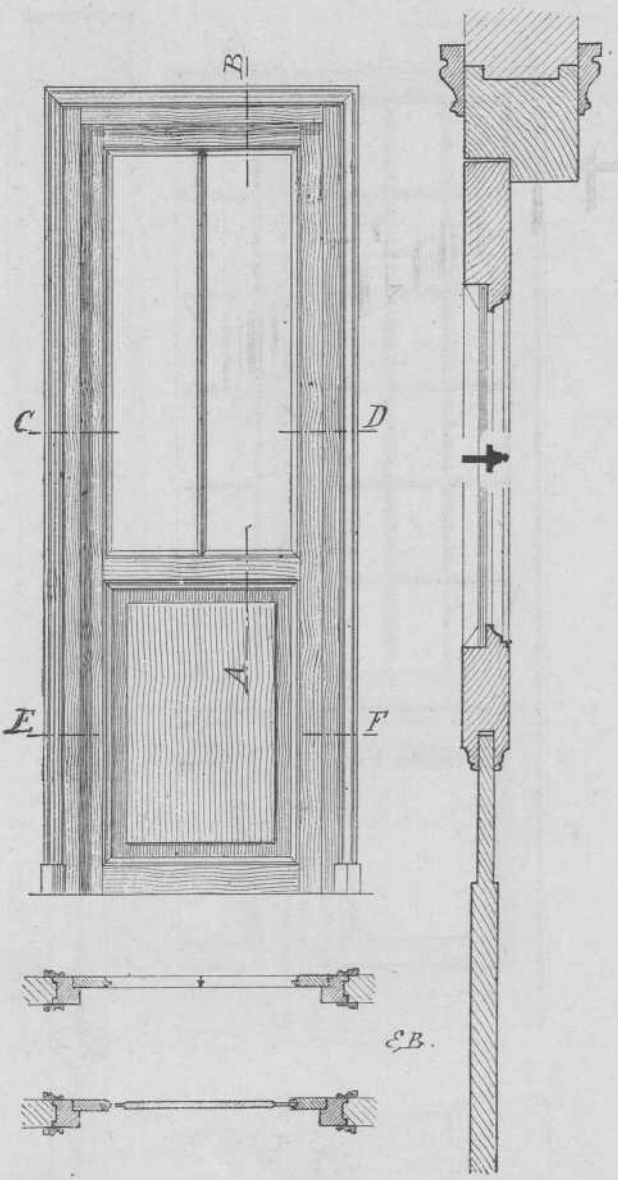
La figura 1059, corte por *C D*, es la sección dada por el panel acristalado. La figura 1060, sección horizontal *E F*, es la hecha por el tablero de zócalo.

La puerta, figuras 1061, 1062 y 1063, es de dos hojas, de tableros grandes y de cristales pequeños. Es un trabajo más fino que la anterior, como puede verse por la decoración de las esquinas de los tableros y la fijación de los cristales por baquetones de madera y junquillos moldurados y ensamblados a inglete, para formar encuadramientos.

La figura 1062, sección *A B*, corta la parte acristalada. La figura 1063, sección *C D*, muestra en corte horizontal el tablero inferior.

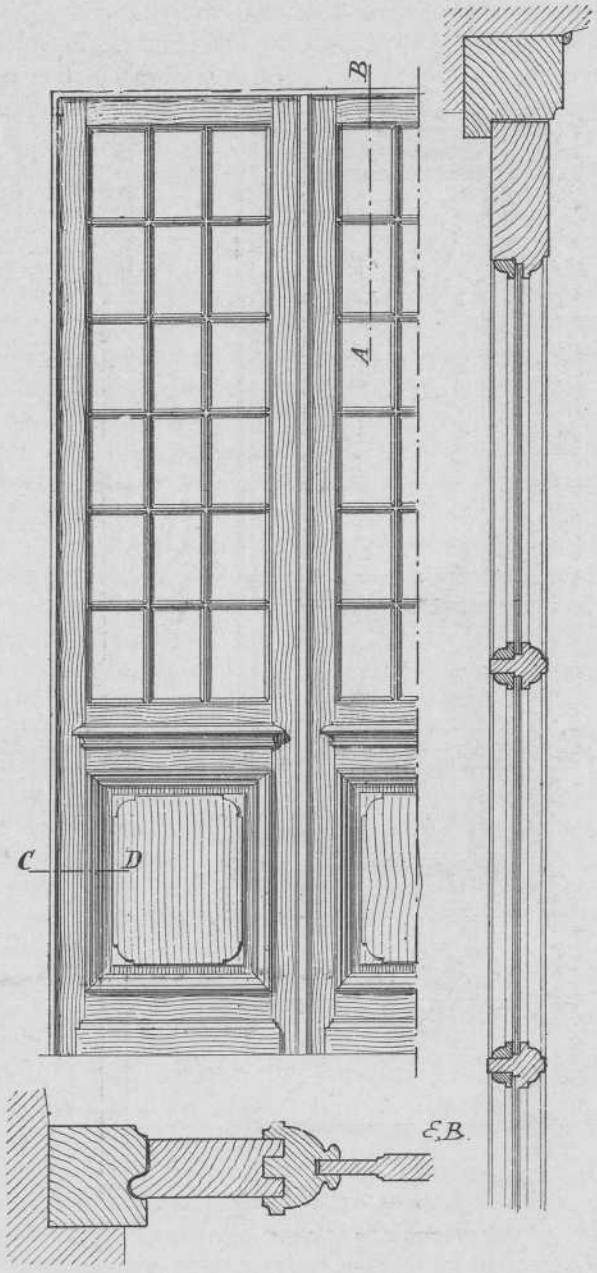
Las puertas vidrieras con barretas de madera labradas pueden presentar un aspecto muy agradable, como lo demuestran las figuras 1064 a 1066, que representan una puerta de dos hojas, con cuatro *cuarterones* en cada una. Obtiene todo su carácter de la disposición de los recuadros y de las molduras y chaflanes recortados que forman toda su ornamentación.

La figura 1065, corte por *A B*, da la sección por la vidriera, y la figura 1066, corte por *C D*, muestra la sección de los batientes.

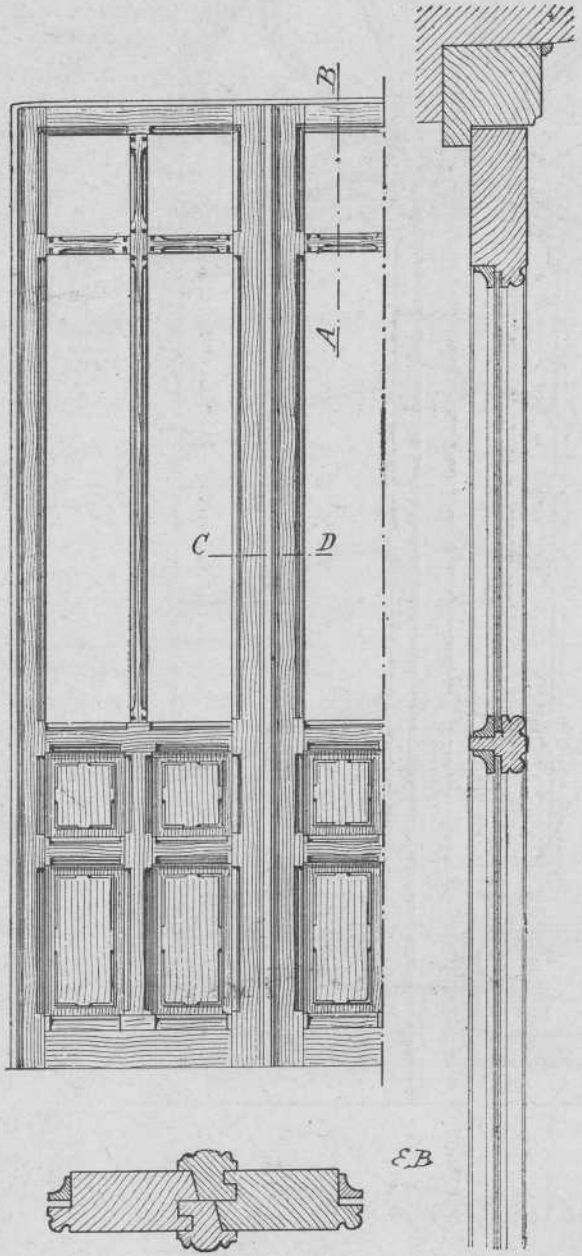


Figs. 1057 a 1060. — Puerta vidriera.

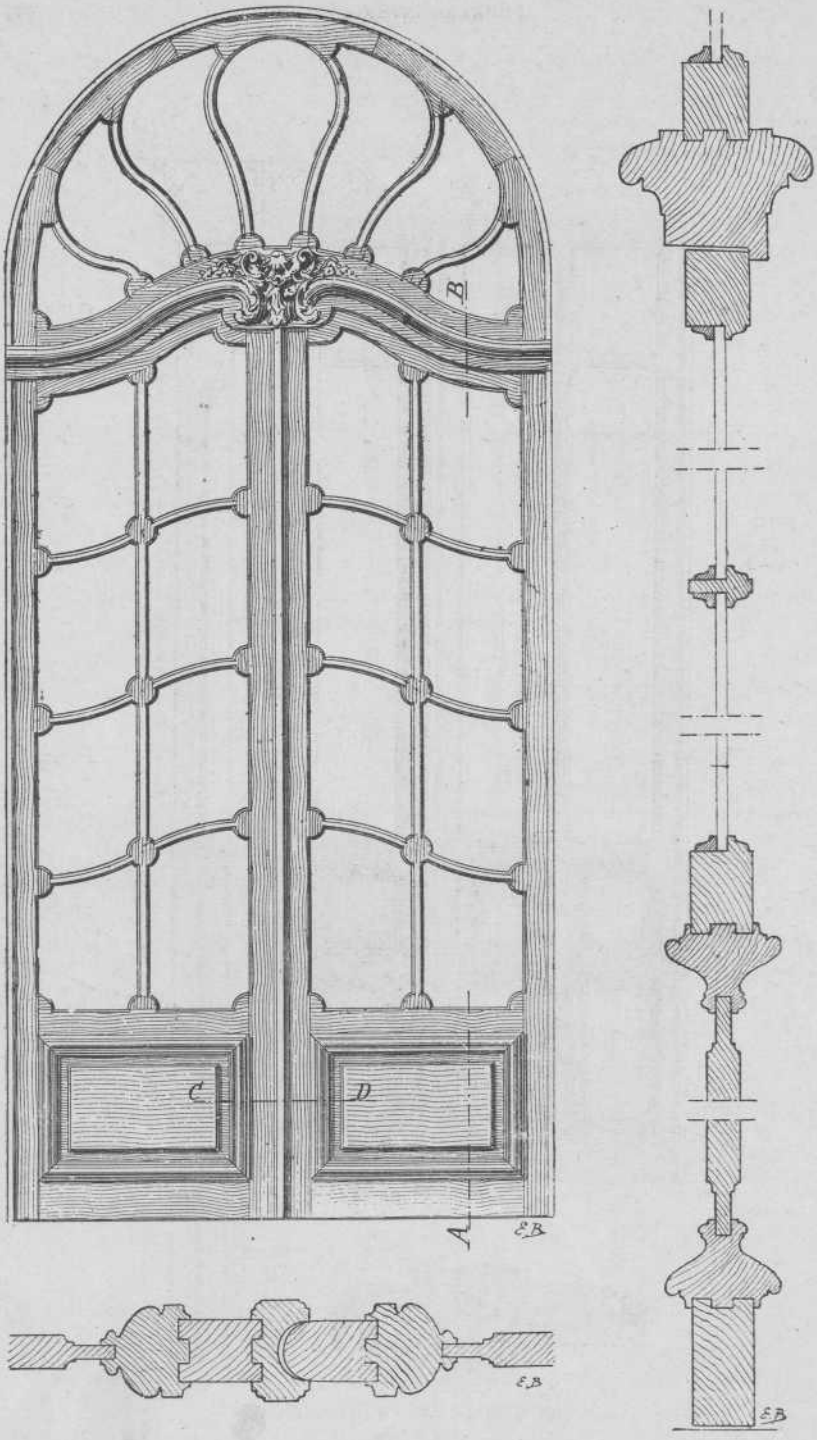
Según su mayor o menor tamaño, esta puerta podrá construirse con las siguientes escuadrías: cerco, 5,4; bastidores, 3,7; tableros, 1,8;



Figs. 1061 a 1063. — Puerta vidriera.



Figs. 1064 a 1066. – Puerta vidriera.



Figs. 1067 a 1069. – Puerta vidriera.

o bien, cerco, 7,5; bastidores, 5; y tableros, 2,5 cm. Es preciso, de todos modos, escoger maderas de sección suficiente para que salgan las molduras deseadas.

Veamos ahora una puerta estilo Luis XV que puede emplearse en un vano de un salón, en un *hall,* o en un local análogo. El montante es de medio punto y la traviesa de imposta es de doble curvatura. Las barretas verticales son rectas y las transversales son de doble curva.

Esta puerta, representada en las figuras 1067 a 1069, es de dos hojas, con el zócalo muy bajo, como procede en este caso. Va instalada en un marco embutido en un rebajo del muro y construído con las

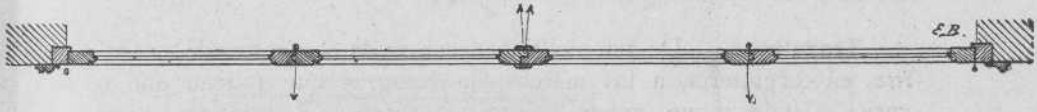


Fig. 1070. – Puerta de cuatro hojas.

escuadrías siguientes: marco, 8 × 8; bastidor, 5; tableros, 2,5; molduras sobrepuestas, 7×9; barretas, 3×5; travesero de imposta, 11×16.

La figura 1068, corte por *A B,* da la sección vertical de la puerta. La figura 1069, corte por *C D,* muestra la sección de los batientes y el detalle de la *boca de lobo* o borja. En esta misma figura hemos indicado una variante de moldura de encuadramiento.

Debemos ahora mencionar las puertas vidrieras de varias hojas (figura 1070), que pueden también hacerse llenas. Están destinadas, como hemos dicho, a reunir en caso necesario dos piezas contiguas, por ejemplo, un hall y un salón o un salón y un comedor.

El herraje es muy complicado y a duras penas se evita la deformación que las hojas, soportadas unas por otras, producen siempre.

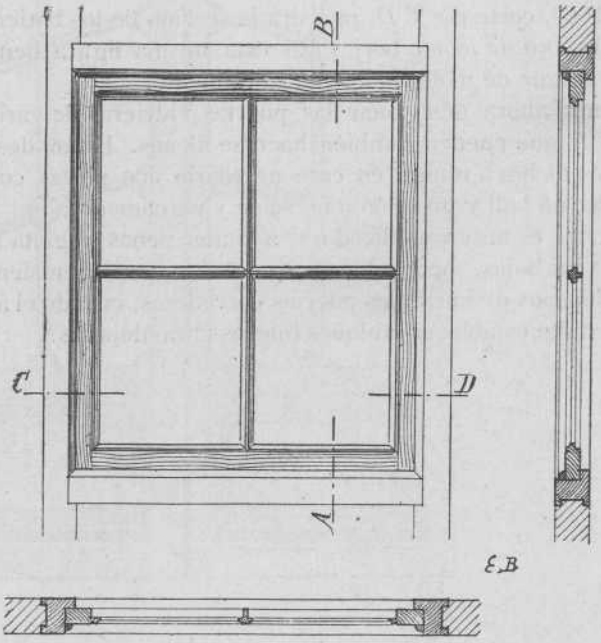
Aconsejamos de nuevo las puertas correderas, cuando el ancho de la pieza permita establecer tabiques huecos para alojarlas.

CAPÍTULO X

Ventanas

Tragaluces. — De un modo general, se da el nombre de *tragaluz,* en carpintería, a los marcos sin bisagras que rodean uno o varios cristales y que, generalmente, se establecen en interiores o en paredes medianeras.

Daremos, como primer ejemplo, un tragaluz establecido en un tabique y destinado a transmitir la luz a una pieza contigua, un retrete,



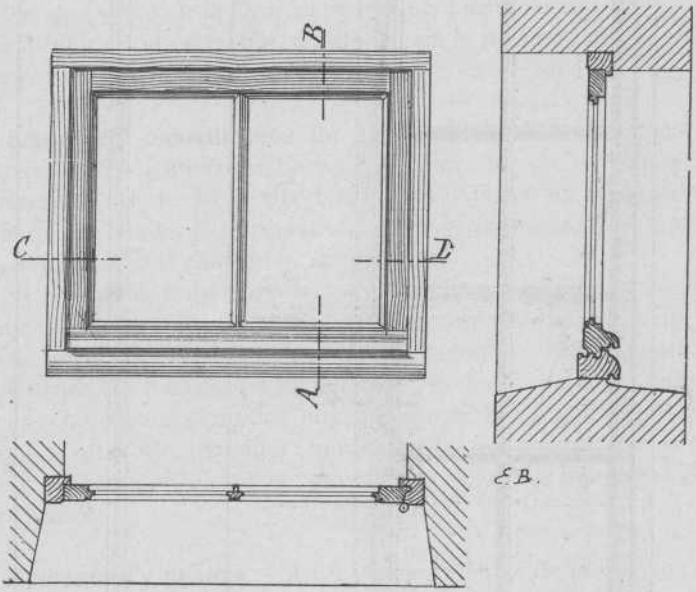
Figs. 1071 a 1073. — Tragaluz en un tabique.

por ejemplo (figs. 1071 a 1073). Como se ve, el bastidor está alojado en un marco de 8 × 8 perdido en el espesor del tabique y fijo por un simple junquillo en *cuarto de bocel.*

El bastidor propiamente dicho es de madera de 3,2 con barretas de 3,2 × 2. Como se encuentra instalado en el interior, no necesita *peana* ni bateaguas; y, siendo fijo, la limpieza de los cristales debe hacerse por cada lado desde las dos piezas contiguas.

Según el hueco necesario, se hacen estos tragaluces más o menos grandes, pero como ordinariamente van colocados bastante altos para no permitir la vista, su superficie se aumenta sobre todo en sentido horizontal.

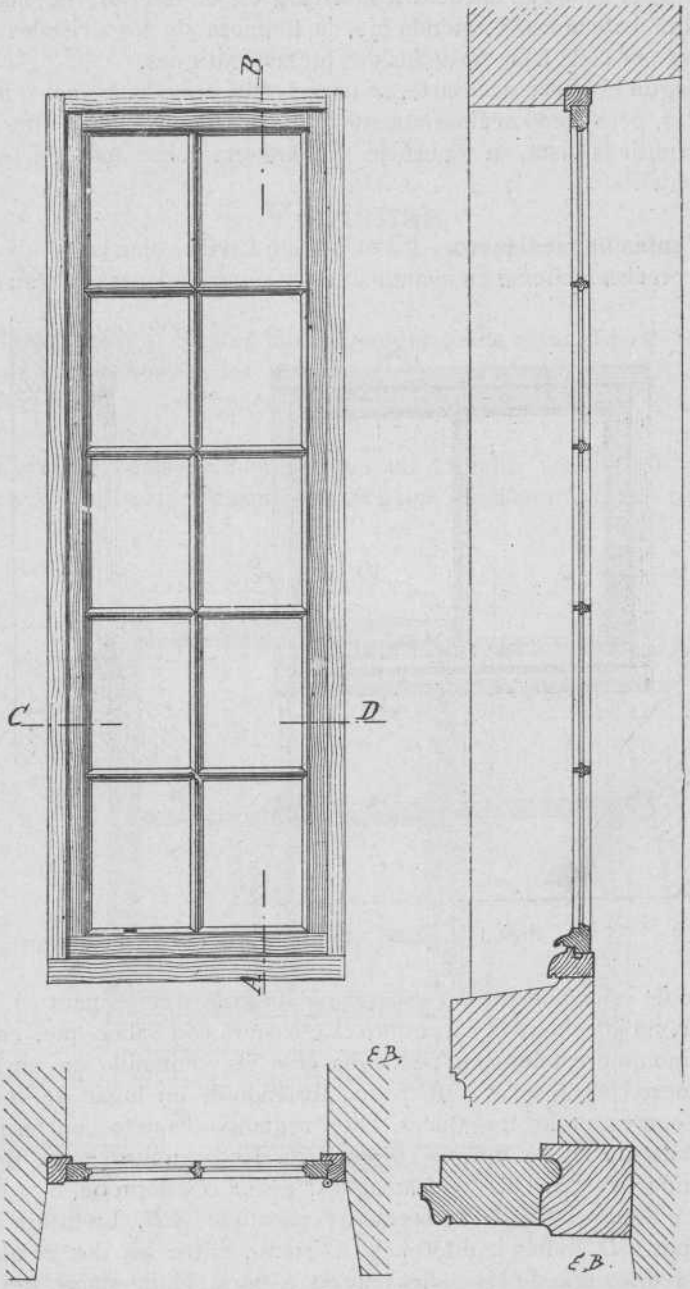
Ventanillo medianero.—En el Código Civil se fijan las condiciones a que precisa atenerse en cuanto altura y seguridad para el estableci-



Figs. 1074 a 1076. — Ventanillo medianero.

miento de estos huecos, lo cual, aunque de gran interés para el constructor, no lo es para el carpintero. Le bastará con saber que, cuando el vecino quiere tolerarlo, puede hacerse un ventanillo en un muro medianero con un solar o un patio, abriéndose, en lugar de ser fijo como ocurría en los tragaluces. Este ventanillo, sujeto con bisagras, se representa en las figuras 1074 a 1076. Encaja en un cerco de 5,4; el bastidor es de 3,4, con bateaguas; peana o antepecho, 8 × 8.

La figura 1075 da la sección vertical por *A B*. La figura 1076, corte por *C D*, indica la diferencia existente entre los dos montantes del cerco, en uno de los cuales encaja a borja el montante del bastidor y el otro tiene un simple rebajo donde bate el montante del bastidor cuando se cierra.



Figs. 1077 a 1079. – Ventana interior.

Fig. 1080. – Sección del cerco.

Ventana interior. — El ventanillo móvil que se representa en las figuras 1077 a 1080 es una verdadera ventana por su tamaño y también por la altura a que se coloca. El bastidor y su unión con el cerco son análogos a lo que hemos visto en el ejemplo anterior, con la única diferencia de ser mayor la longitud de las piezas verticales. Las maderas pueden ser también de la misma escuadría.

La figura 1078 es la sección vertical por *A B*, y la figura 1079 nos da el corte horizontal por *C D*, que es idéntico al descrito anteriormente (fig. 1076).

La hoja va sujeta al cerco por medio de bisagras, fijas o goznes, y el encaje de ambos montantes, fijo y móvil, de este lado presenta la sección que se ve en la figura 1080 y que consta de una ranura o canal semicircular en el cerco fijo, donde encaja la pequeña *nuez* saliente en el montante del bastidor móvil. El batiente es de rebajo.

Elementos constitutivos de una ventana. — La ventana propiamente dicha es la abertura hecha en el muro de un edificio para que penetren en su interior el aire y la luz. Ventanas, en carpintería, son las obras de madera destinadas a cubrir estos huecos que dan al exterior, sin impedir el paso de la luz natural.

Si el vano es muy estrecho, se hace la ventana de una sola hoja, y entonces no se trata en realidad de una ventana propiamente dicha, sino de un ventanillo de los que hemos estudiado últimamente.

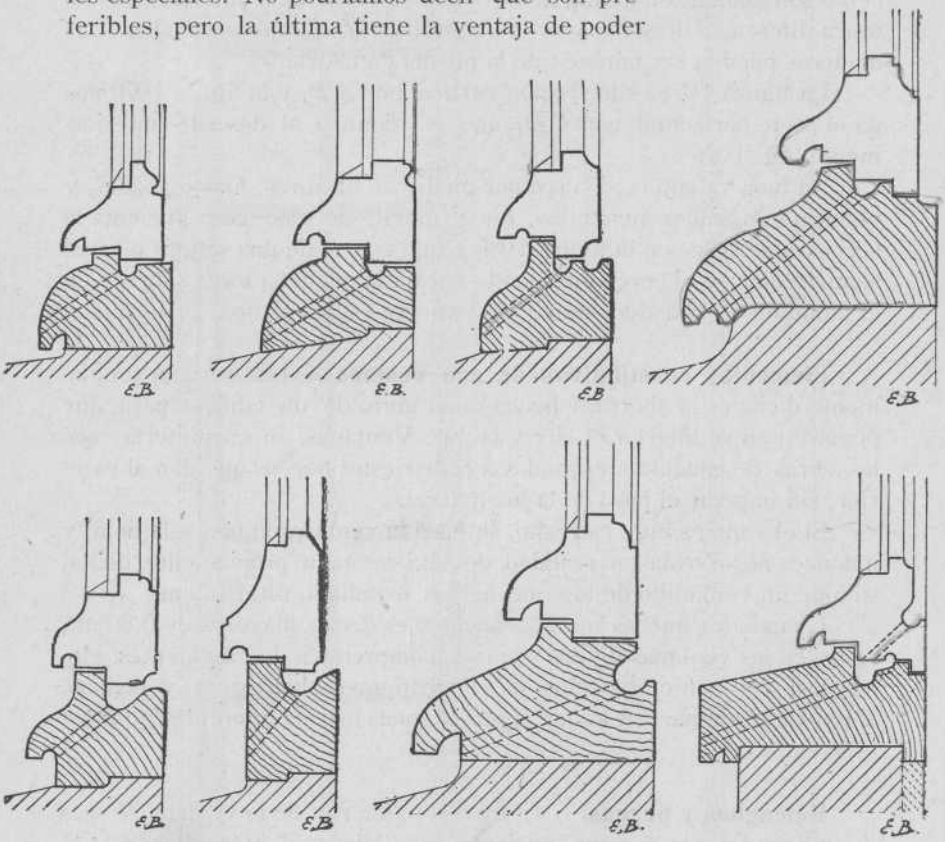
Cuando los huecos son más anchos, es decir, mayores de 0,80 m., se hacen las ventanas de dos hojas y comprenden los siguientes elementos: cerco fijo, bastidor móvil, batientes, bateaguas y peanas. Vamos a examinar, en lo que sigue, algunas formas diferentes de estos elementos.

Bateaguas y peanas. — El travesero inferior de la ventana se saca de una madera de espesor suficiente para labrar el bateaguas, 8×8, como mínimo. En la figura 1081 damos el primer ejemplo de pieza de apoyo, en la que se observa una canal longitudinal que recoge las aguas procedentes del exterior y de la condensación y, por el pequeño conducto inclinado que se ve en la figura, las conduce al exterior. Esta misma pieza lleva un *goterón* análogo al del bateaguas, para impedir que el agua que escurre regrese hacia el interior.

El modelo figura 1082 es del mismo género que el anterior, pero la peana no tiene goterón. La mayor inclinación de dicha pieza es la que impide al agua subir por la junta.

También se hacen peanas con dos canales: la primera de ellas se une a la segunda por una entalladura practicada hacia el centro del hueco. La segunda recoge las aguas que pueden producirse por condensación en el interior (fig. 1083). Lo mismo que en las otras, un tubo inclinado evacua esta agua al exterior.

En la figura 1084 se ve otro ejemplo con tres rebajos y una canal, que presenta una sección diferente a las piezas anteriores. Las figuras 1085 y 1086 se distinguen también de las otras por sus perfiles especiales. No podríamos decir que son preferibles, pero la última tiene la ventaja de poder



Figs. 1081 a 1088. — Peanas.

obtenerse de una pieza de menor escuadría. También se hacen estas peanas con canal colectora lateral (fig. 1087).

Se observará en todos los casos que acabamos de ver que, salvo en la figura 1082, la peana sobresale de la ventana por el interior. Esto tiene por objeto recoger las aguas de condensación que provienen de la superficie de enfriamiento de los vidrios, para conducirlas a la canal colectora. Pero cuando, en el momento de la condensación, se abre la ventana, cae el agua y puede causar deterioros en el interior de la habitación.

Para evitar en lo posible este inconveniente, se ha ideado un perfil con canal en el travesero inferior de la ventana con conducto inclinado para conducir el agua recogida a la canal de la peana (fig. 1088).

Si en estas condiciones se abre la ventana, el agua continúa cayendo en la canal que las recoge, y el daño que pueda ocasionar a su salida por el tubo es menor que ordinariamente.

La figura 1089 representa una peana gótica.

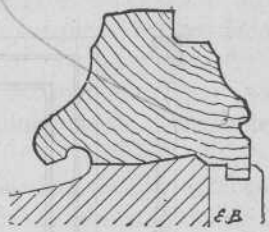
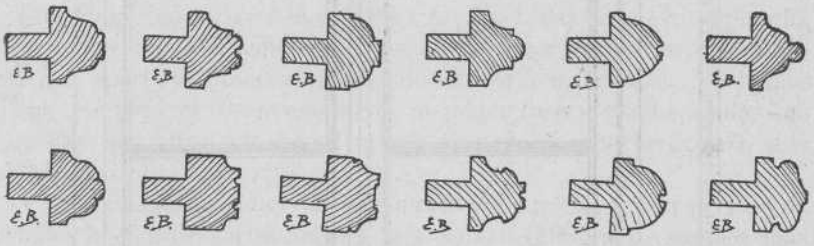


Fig. 1089. – Peana.

Baquetones. — Los baquetones o barretas son los montantes y traveseros secundarios que sostienen y encuadran los cristales en las ventanas. Se hacen del mismo grueso que el bastidor, llevan dos rebajos por el lado exterior y una moldura remetida por el interior. Se hacen de pino blanco o de roble, según los casos. Este detalle de carpintería no necesita descripción. Nos contentamos, pues, con ofrecer a título de ejemplo algunas secciones variadas (figuras 1090 a 1101).

Una de las dimensiones de estas piezas está determinada, según hemos dicho, por el espesor de la madera empleada en el bastidor.



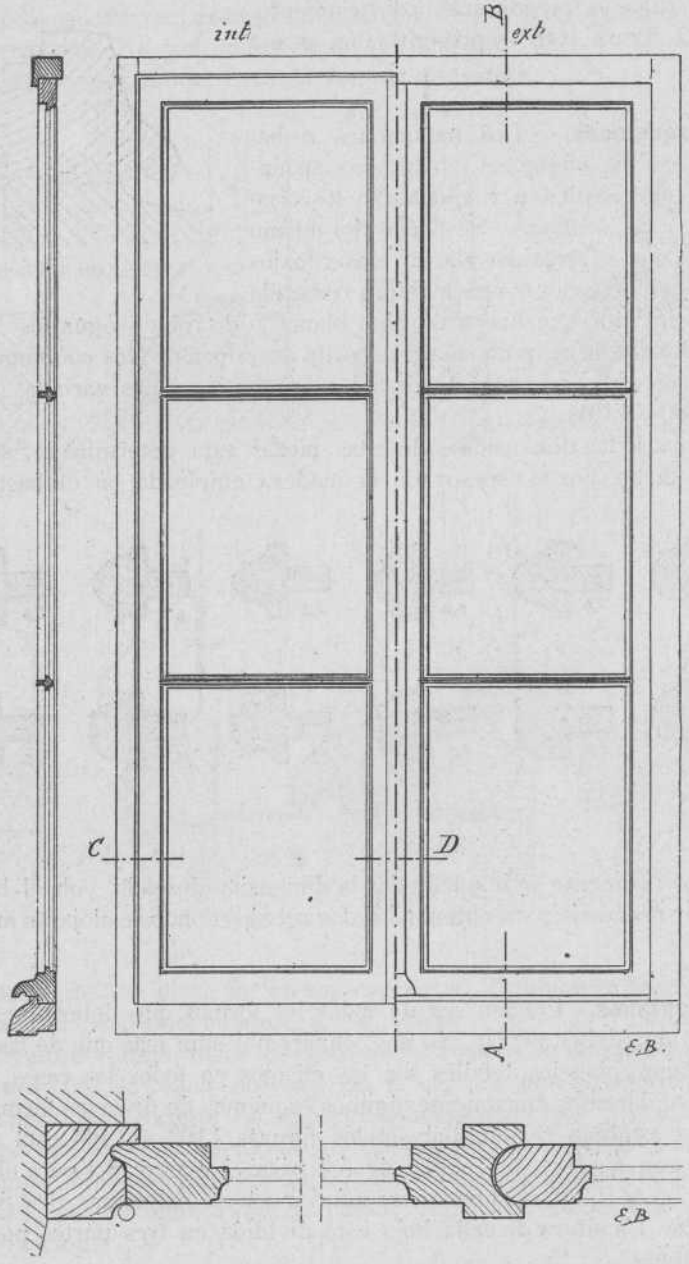
Figs. 1090 a 1101. – Baquetones.

Transversalmente se le puede dar la dimensión deseada, con el límite inferior necesario para obtener los dos rebajos donde se alojarán ambos cristales.

Ventanas.—Pueden ser de todas las formas que determinen los huecos que deben cerrar. No nos ocuparemos aquí más que de las rectangulares, pues los detalles son los mismos en todos los casos. Más adelante daremos únicamente algunos esquemas de diversas formas.

La ventana rectangular de las figuras 1102 a 1104 está construída con madera de encina, de 5,4 para el marco; 3,4 para el bastidor; 7,5 × 7,5 para el travesero inferior con su bateaguas; 8 × 8 para la peana. La altura de cada hoja está dividida en tres partes por dos baquetones.

El travesero superior del cerco, o dintel, no lleva, como de ordinario, más que un simple rebajo (fig. 1103, sección *AB*). Los montan-



Figs. 1102 a 1104. – Ventanas.

tes del cerco sobre los cuales van colgadas las hojas de la ventana por medio de bisagras, fijas o goznes, presentan un perfil apropiado para evitar el paso del aire, según se ve en la figura 1104, sección *CD*. La traviesa inferior del cerco se llama *peana;* de esta pieza hemos dado algunos ejemplos anteriormente.

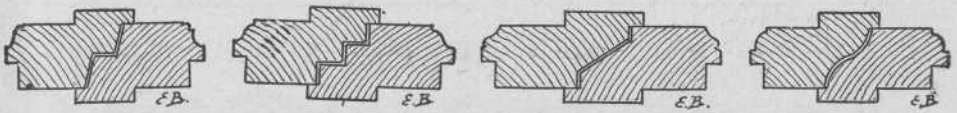
La canal tiene poca profundidad cerca de los montantes, pero va haciéndose más honda hacia el centro; el conducto de desagüe suele protegerse con un tubo de plomo.

El bastidor de cada hoja suele hacerse de madera de 3,4 × 7, con rebajos para los vidrios por el exterior y pequeñas molduras interiores. La traviesa inferior se saca de una pieza de 7,5 × 7,5, con objeto de obtener el bateaguas, que sobresale exteriormente; esta pieza lleva un goterón y un rebajo que encaja en el que se practica en la peana, según hemos visto (figs. 1081 a 1089).

Para evitar los vidrios de dimensiones excesivas, se divide la superficie de cada claro por medio de barretas de 3,4 × 2,7, con sus rebajos para los cristales y sus pequeñas molduras, semejantes a las del bastidor (figs. 1090 a 1101).

Las ventanas de dos hojas tienen naturalmente su junta en medio, y esta junta, indicada en la sección *CD* (fig. 1104) de nuestro ejemplo, se resuelve también, como en el caso de las puertas, por otros procedimientos aparte del indicado, llamado de borja o de nuez. Ya hemos dicho que tiene el inconveniente de no poder abrirse una hoja sola, sino que hay que abrir las dos al mismo tiempo y cerrar luego una, si la abertura resulta excesiva.

La única forma de evitar este inconveniente es emplear perfiles de rebajos hechos de varias formas (figs. 1105 a 1108), pero aun los más



Figs. 1105 a 1108. — Rebajos de batientes.

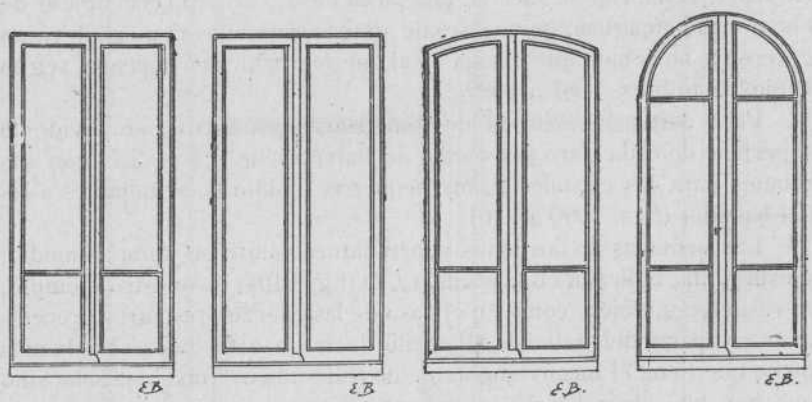
ingeniosos no impiden la entrada del aire tan eficazmente como el de borja, ni son aptos para impedir el alabeo de las hojas, haciéndolas sujetarse mutuamente. De todos modos, vamos a examinar algunos perfiles de rebajos aplicables a las ventanas y que permiten sacar los dos batientes de madera de la misma escuadría, lo que no ocurre con la junta de borja, en la que uno de los batientes ha de tener mayores dimensiones.

Los ejemplos que presentamos son: de simple rebajo (fig. 1105); de rebajo múltiple (fig. 1106); de pico de flauta (fig. 1107), y, por último, el rebajo de talón o gola (fig. 1108). Como se ve en estas figuras, los batientes se han sacado de los montantes del mismo bastidor.

Pero algunas veces se hacen de piezas postizas, como se ve en nuestra figura 1066, sección *CD*.

Las ventanas llevan algunas veces una sola barreta horizontal, colocada a la altura de un antepecho (fig. 1109), o bien en la parte superior, con objeto de dar forma cuadrada al cristal de arriba. A veces también van provistas de vidrios enteros, y en tal caso no tienen baquetones (fig. 1110).

Pueden las ventanas afectar la forma de arco rebajado (fig. 1111) y también carpanel o elíptico. La forma de medio punto o semicircular se hace también, pero es más bien desfavorable, si se tiene



Figs. 1109 a 1112. — Ventanas.

que completar con maderas de contraventana, abriendo hacia el interior, las cuales sólo podrían hacerse hasta el arranque del arco (figura 1112).

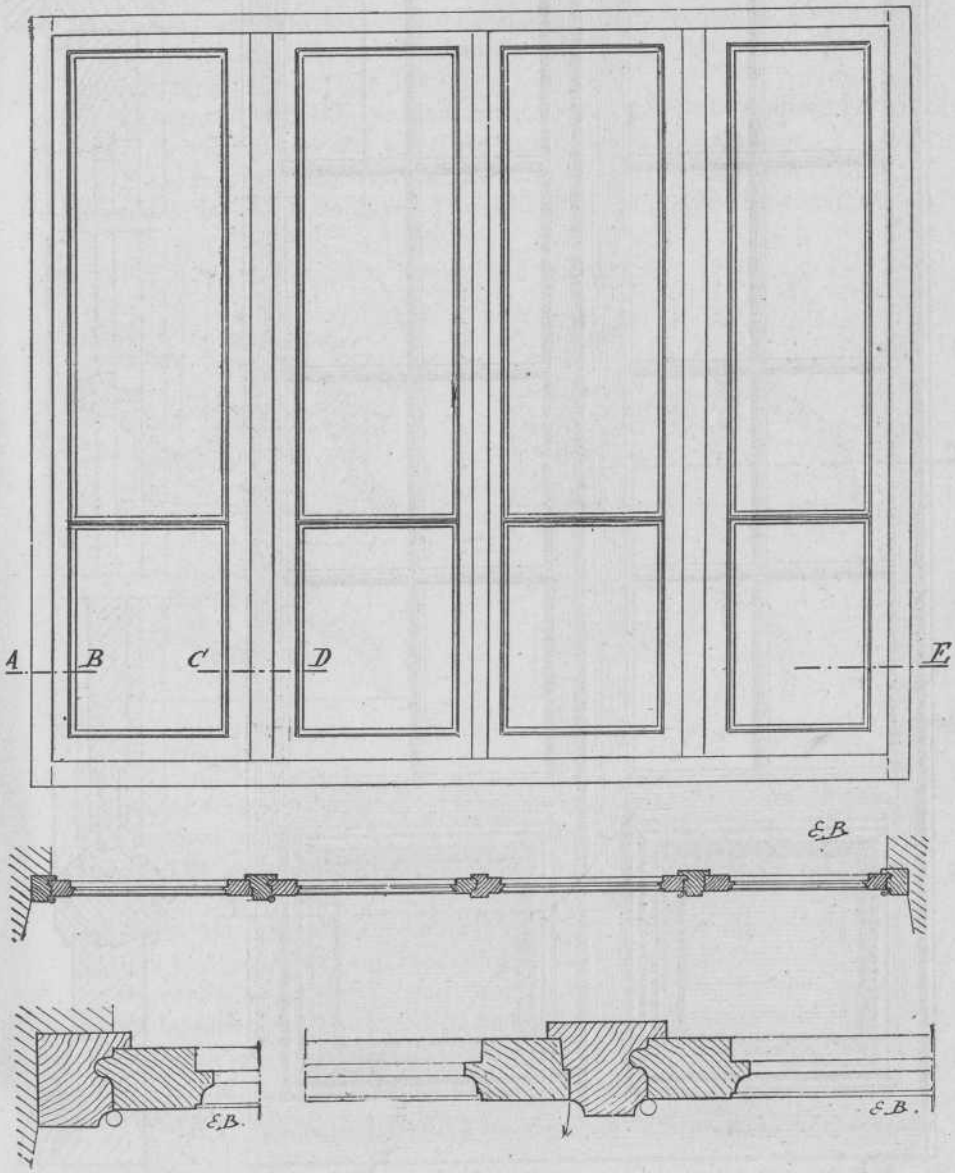
El mismo inconveniente existe para la ventana de arco rebajado, pero es, sin embargo, menor.

Ventanas de cuatro hojas. — No puede pensarse en construir una ventana cuyas hojas se plegasen unas sobre otras, lo cual es sólo admisible para una puerta interior, como hemos visto en la figura 1070; pero es natural que una ventana de tales condiciones funcionaría muy mal y no cumpliría el fin deseado, o sea el cierre perfecto del hueco.

Las ventanas de cuatro hojas no son en realidad (figs. 1113 y 1114) sino la reunión, en el mismo vano, de una ventana de dos hojas (figura 1102) y dos ventanillos semejantes a los descritos y representados en la figura 1077.

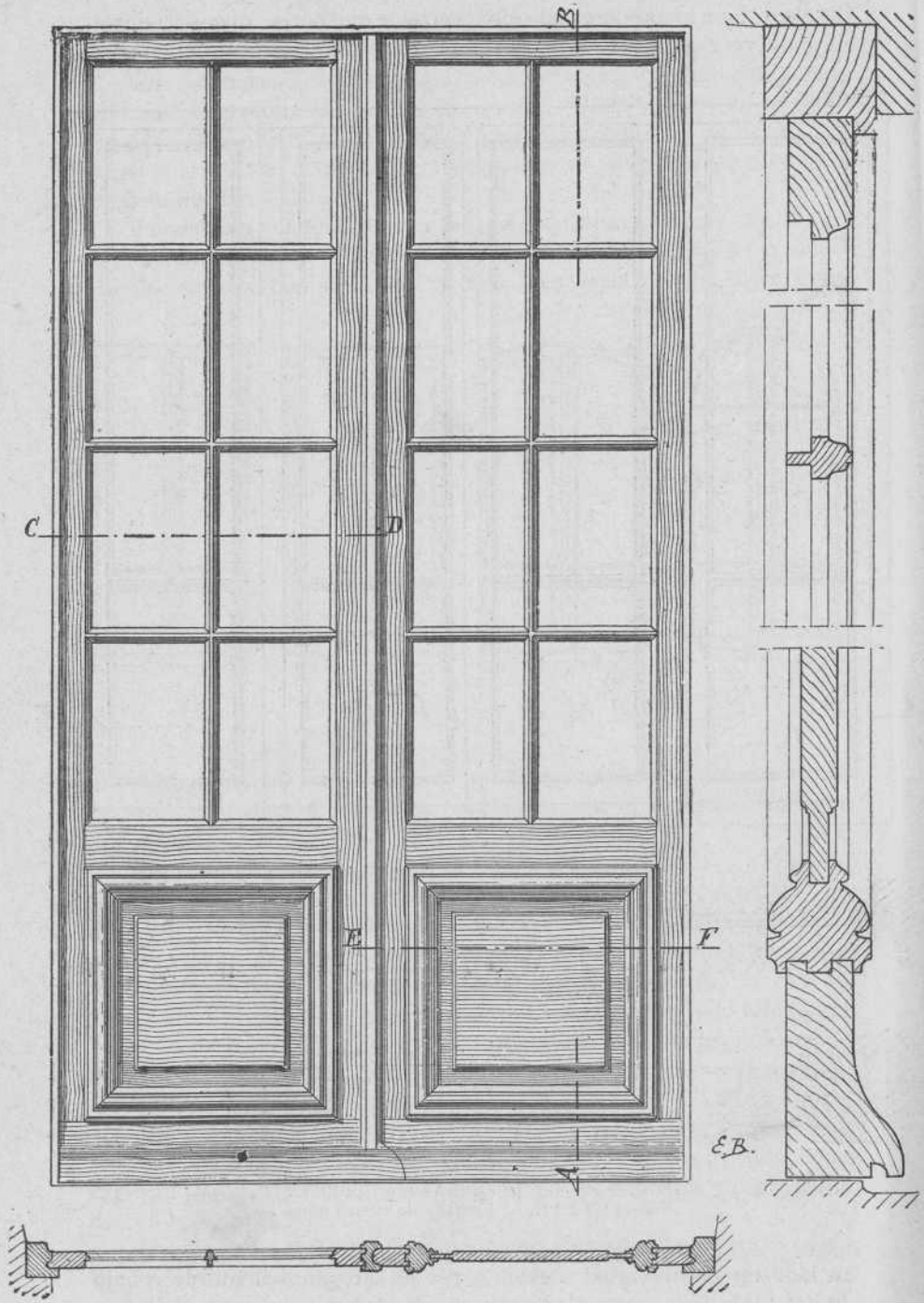
Esta ventana lleva dos montantes intermedios que la dividen en tres vanos (fig. 1114, sección *AE*). El cerco fijo puede ser como el que hemos estudiado ya para la ventana tipo (fig. 1104).

Pero en éste hemos indicado una variante de borja, que se adopta algunas veces (fig. 1115). Los montantes intermedios tienen por



Figs. 1113 a 1116. — Ventana de cuatro hojas.

un lado un encaje igual a éste, y por el otro un batiente de rebajo (figura 1116).

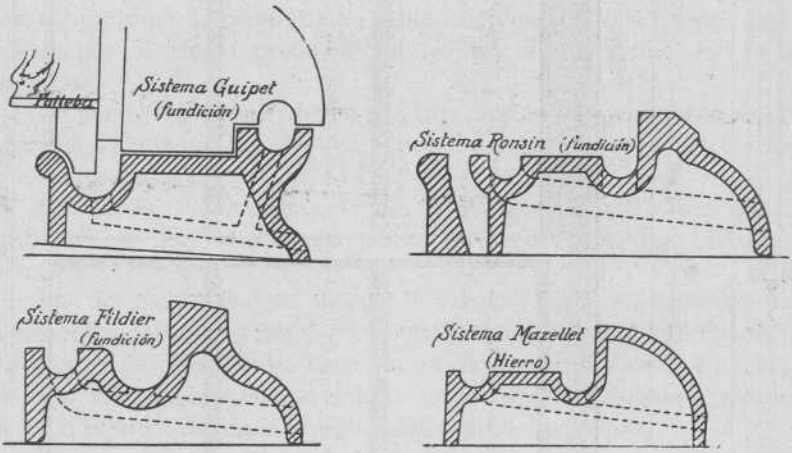


Figs. 1117 a 1119. — Puerta de balcón.

Puerta de balcón.—Se llama así una obra de carpintería compuesta de un zócalo lleno, con tableros pequeños o grandes y sobre él una parte acristalada. Esta obra sirve para cerrar un vano que da acceso, a nivel o con un escalón, a un balcón o una terraza. La construcción, en cuanto a la parte superior, es la misma que para las ventanas. La parte inferior, o zócalo, se ejecuta como las puertas que hemos examinado anteriormente (figs. 1117 a 1119).

La figura 1118 es la sección vertical por *AB*, y la figura 1119, secciones horizontales *CD* y *EF* por la vidriera y la parte llena.

Estas puertas exigen que se ponga inferiormente un obstáculo a la entrada de las aguas de lluvia. Para ello puede seguirse el medio muy



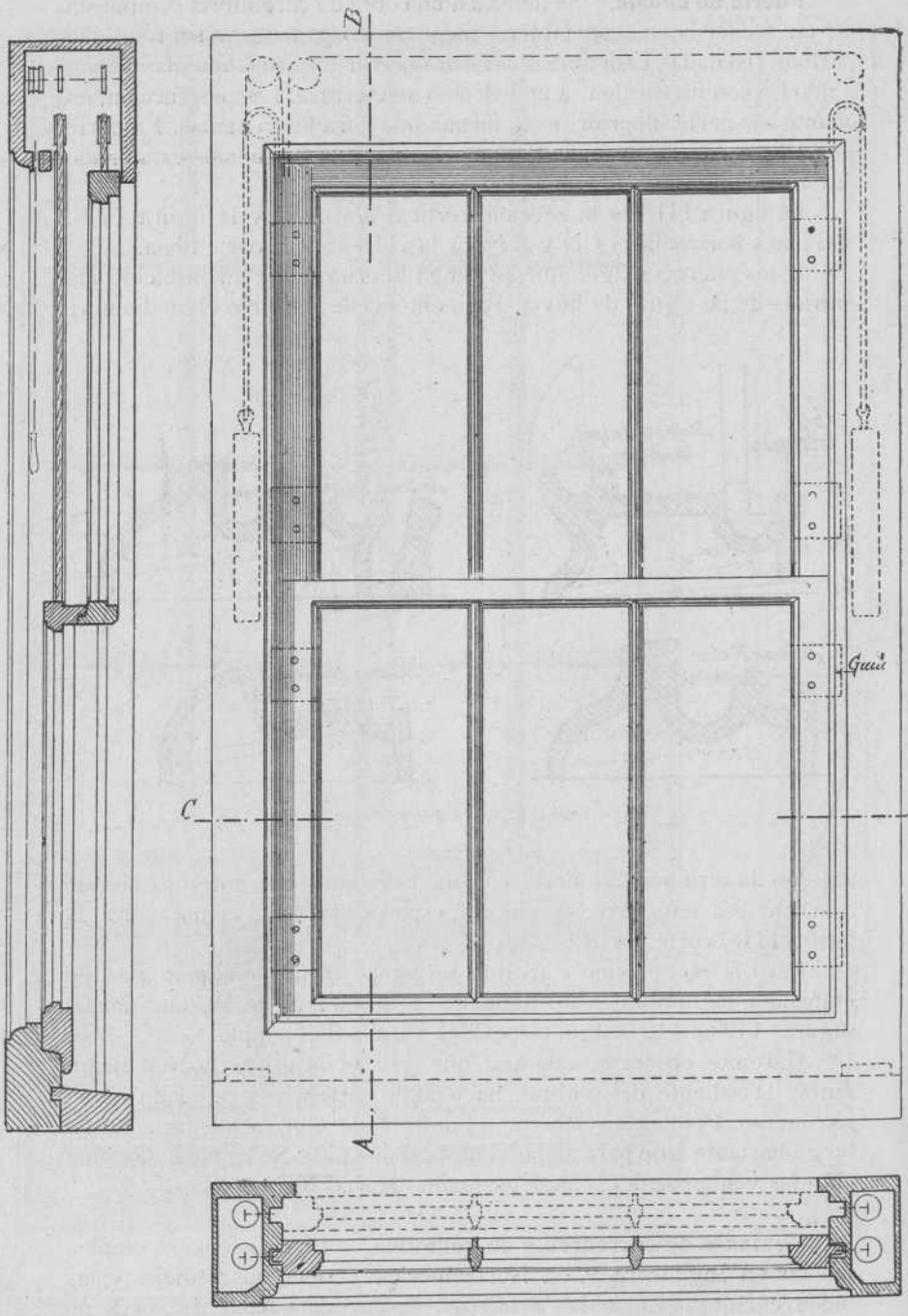
Figs. 1120 a 1123. — Umbrales metálicos.

antiguo de terminar la puerta con un bateaguas con goterón adosado a la traviesa inferior o sacado del espesor de ésta, como indica la figura 1118, corte por *AB*.

Pero si no se teme constituir un ligero obstáculo al piso, pueden emplearse los umbrales de fundición y de hierro, de los que damos (figuras 1120 a 1123) algunos perfiles a título de ejemplo.

Haremos observar, además, que, por el interior, podría disminuirse la saliente del umbral, haciéndole enrasar por este lado con el pavimento. Pero exteriormente, el umbral de fábrica quedaría desde luego bastante bajo para alojar el umbral metálico. Se emplean también para las ventanas piezas análogas, como peanas o antepechos.

Ventanas de corredera o de guillotina. — Este sistema se emplea mucho en Inglaterra y en Norteamérica y tiene sus ventajas y sus inconvenientes. Entre las primeras, se pueden señalar: 1.ª, la de no abrirse hacia el interior, como las hojas de nuestras ventanas; 2.ª, per-



Figs. 1124 a 1126. – Ventana de corredera.

mitir la introducción del aire solamente por arriba o por abajo, a voluntad. Seguramente reúnen todavía otras buenas cualidades, pero confesamos no recordarlas en este momento.

Los inconvenientes, ahora: 1.°, no se puede nunca abrir una superficie mayor que la mitad de la ventana; 2.°, cuando la altura a que se encuentra una ventana de esta clase hace difícil el acceso, la limpieza de los cristales por la parte exterior no es nada cómoda; 3.°, de un mecanismo relativamente complicado, su funcionamiento no es siempre perfecto, y la menor deformación ocasiona rozamientos y rechinamientos; 4.°, presentar siempre dos barras de madera a través del hueco, ya esté abierta o cerrada la ventana; 5.°, el precio de coste, por tratarse de un trabajo de precisión, es superior al de nuestras ventanas corrientes; 6.° y último, la rotura de un cable, por desgaste o accidente, justificaría por el efecto producido el nombre de guillotina que se le suele dar.

Se puede abrir la parte alta o la baja a voluntad, pero nunca las dos a la vez, salvo en el caso en que, a mitad de carrera, quedan colocadas una frente a otra (figs. 1124 a 1126).

Cuando la ventana está cerrada, el bastidor de arriba es el que se encuentra al exterior, evitando así la entrada del agua (fig. 1125, sección *AB*).

Los dos bastidores que forman la ventana están equilibrados por contrapesos del mismo peso, y los rozamientos bastan para impedir la subida y el descenso de los bastidores y mantenerlos fijos en cualquier posición. Pueden moverse tirando de un puño suspendido de una cadenita. La figura 1126 da la sección horizontal del conjunto.

Ventanas dobles.—En los países en que la temperatura invernal es excesivamente fría, se emplea, para cerrar los huecos, el procedimiento de ventanas dobles, es decir, de dos ventanas en el mismo vano. Se colocan a suficiente distancia para conservar entre las dos una capa de aire, que sirve de aislante, como es sabido.

La ventana exterior puede ser semejante a las que hemos descrito y de ancho apropiado al espacio libre. La ventana interior, protegida de la lluvia por la primera, no necesita bateaguas. Es, naturalmente, más ancha que la exterior, puesto que, una vez abierta, debe permitir que ésta se abra en su interior y entonces las cuatro hojas se superponen dos a dos (fig. 1127).

Según el ángulo de abertura que se desee obtener más allá del recto, se aumenta la diferencia entre el ancho de las dos ventanas, interior y exterior.

Ventanillo de fuelle.—Esta clase de ventanillos suele instalarse a cierta altura, y se maniobra con una cuerda (figs. 1128 a 1130). Puede cerrar de arriba abajo, como en la figura 1129, o de abajo arriba como

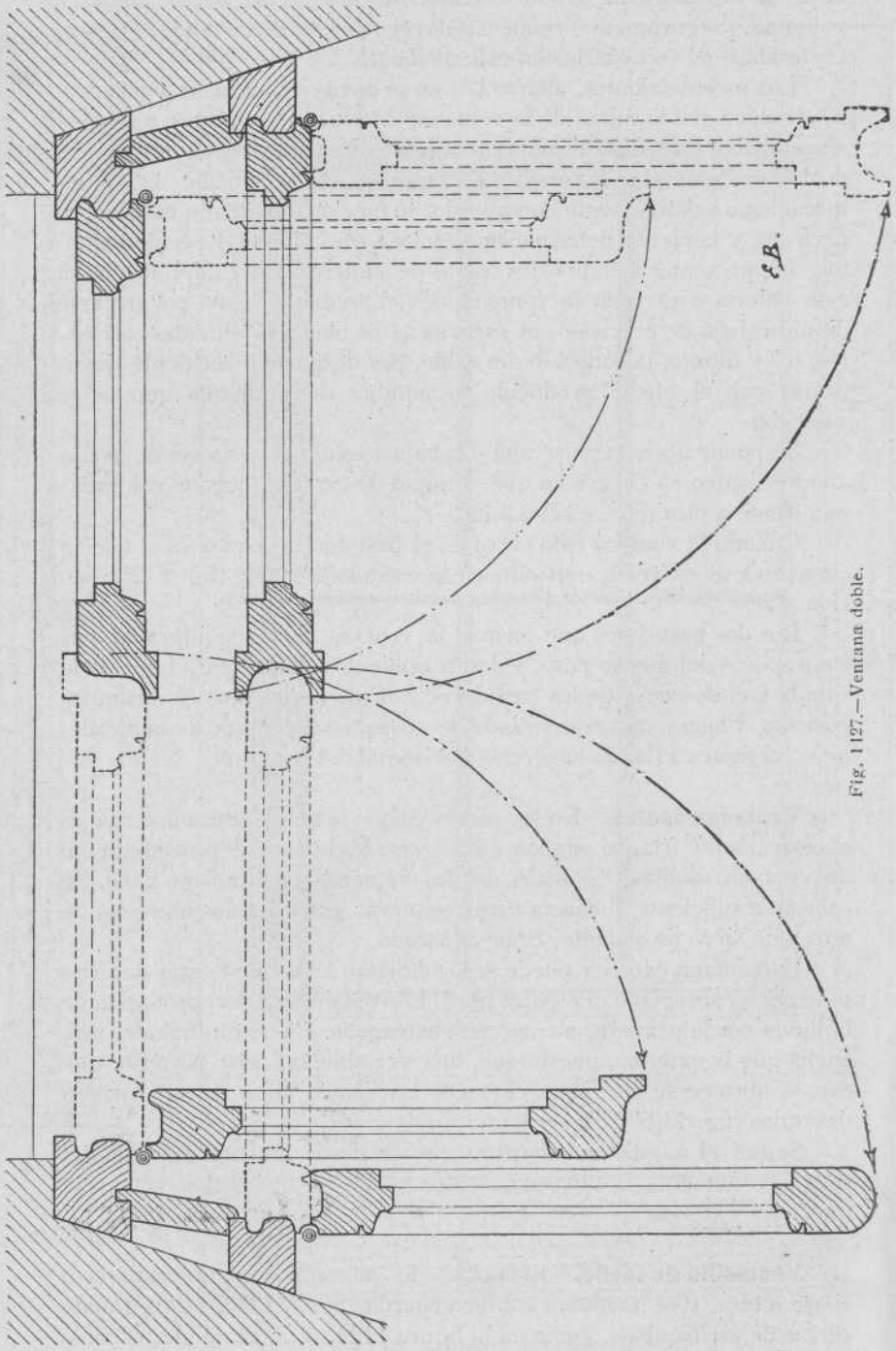
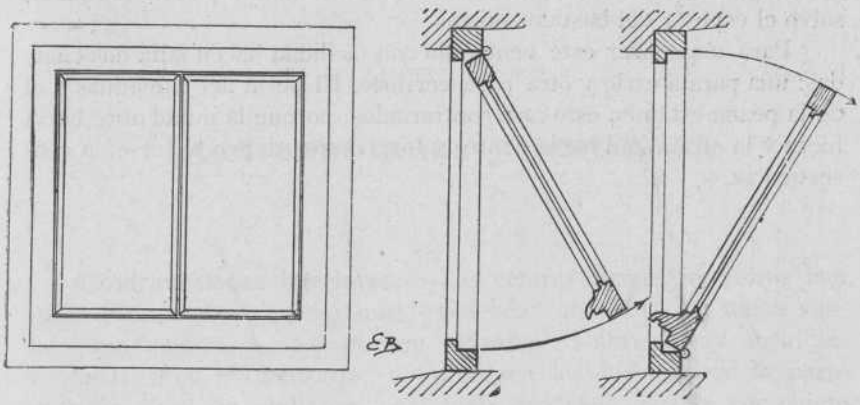


Fig. 1127.—Ventana doble.

en la 1130. En los dos casos, el batiente es de rebajo y está provisto de un bateaguas.

Cuando se colocan las bisagras en la traviesa inferior, protege bien contra la entrada de la lluvia. Cuando las bisagras van en la parte alta,

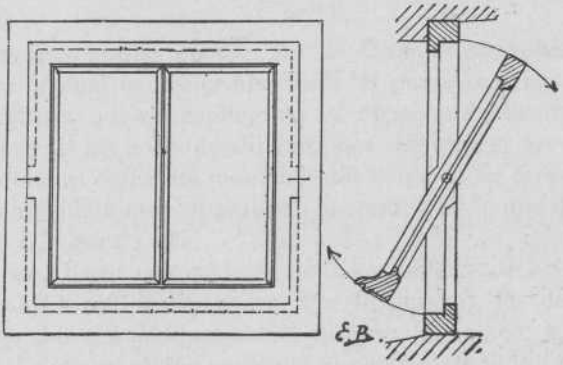


Figs. 1128 a 1130. — Ventanillo de fuelle.

la obra de carpintería es idéntica, pero al abrirse puede la lluvia penetrar mejor en el interior.

Ventanillo de báscula. — En esta especie de ventanillos, el cerco fijo debe presentar un rebajo interior por encima del pivote y un rebajo exterior por debajo de éste.

Este ventanillo (figs. 1131 y 1132) tiene todas las ventajas del ventanillo con bisagras inferiores (fig. 1130). Está mejor equilibrado y



Figs. 1131 y 1132. — Ventanillo de báscula.

ocasiona menos roturas de cristales. Su maniobra se efectúa como en los casos anteriores, pero se hace preciso poner el eje de rotación un

poco más alto que el centro de los montantes y hasta poner un peso en la parte inferior para que se opere el cierre.

Puede montarse también este ventanillo sobre dos pivotes colocados verticalmente a plomo y en el centro de los traveseros del bastidor. Abierto en ángulo recto, este sistema permite una abertura completa, salvo el espesor del bastidor mismo.

Para maniobrar este ventanillo con facilidad hacen falta dos cuerdas: una para abrirlo y otra para cerrarlo. El perfil del bateaguas y el de la peana están en este caso contrariados, porque la mitad abre hacia fuera y la otra mitad hacia dentro y los rebajos deben hacerse en consecuencia.

CAPÍTULO XI

Contraventanas y persianas

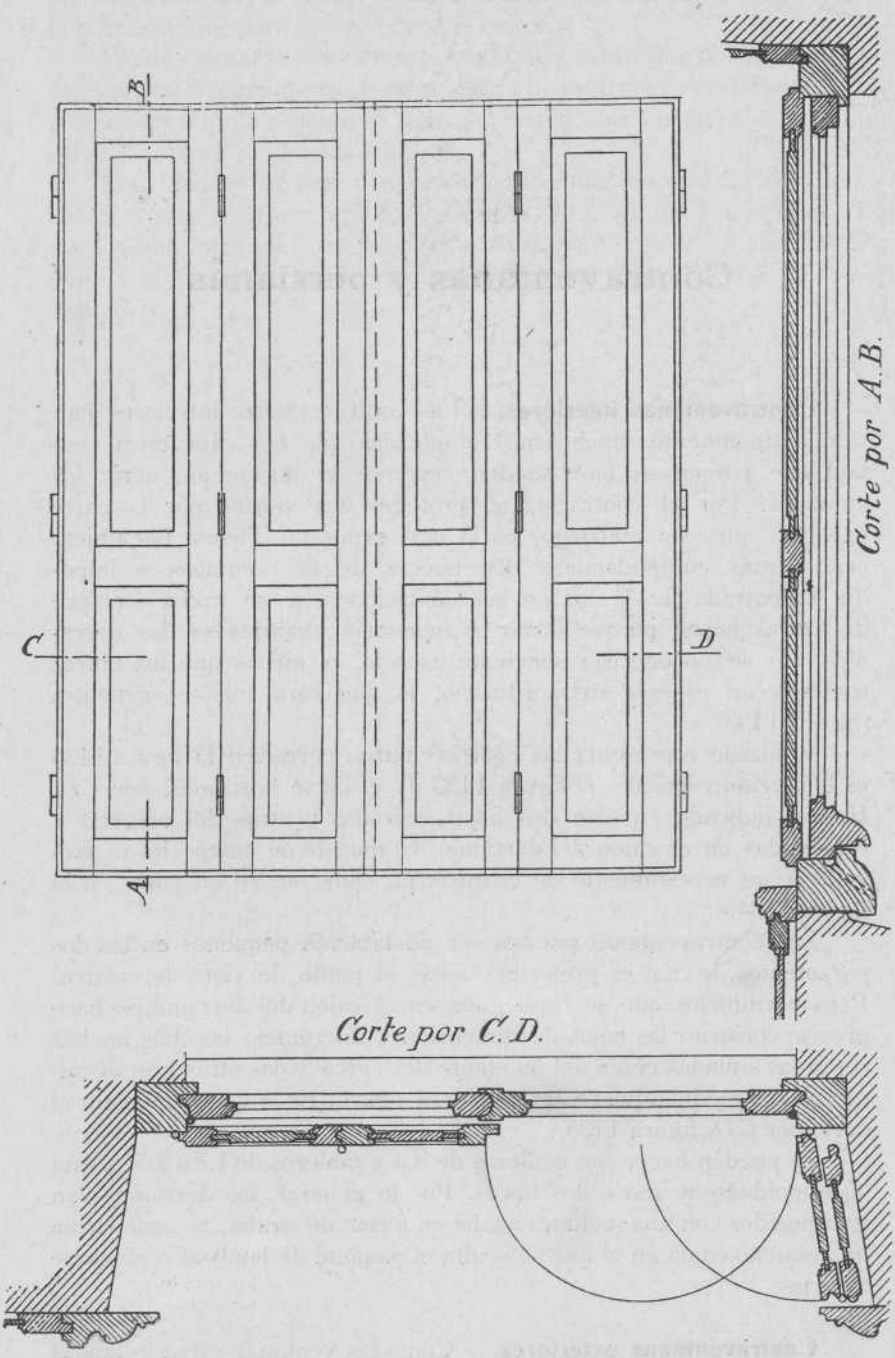
Contraventanas interiores. — Las contraventanas interiores han sido antiguamente mucho más empleadas que hoy. La única ventaja que poseen es que pueden cerrarse y abrirse sin abrir las ventanas. Por el contrario, no protegen los vidrios por la parte exterior, que, sin embargo, es la más expuesta. Tienen por objeto cerrar más cumplidamente los huecos de las ventanas e impedir la entrada de la luz en las habitaciones, y se hacen siempre de varias hojas, porque como es necesario alojarlas en los derrames, no se encontraría suficiente espacio, a menos que los muros tuviesen un espesor extraordinario, lo que rara vez se encuentra (figura 1133).

El alzado representa las contraventanas cerradas; la figura 1134 es la sección vertical y la figura 1135 da el corte horizontal por *CD*. Hemos indicado en éste dos hojas cerradas y otras dos abiertas y replegadas en el cajón del derrame. El murete de antepecho va provisto de un revestimiento de ebanistería, como se ve en parte en la figura 1134.

Las contraventanas pueden ser de tableros péqueños en los dos paramentos, lo cual es preferible desde el punto de vista decorativo. Para permitirles que se replieguen en el cajón del derrame, se hace preciso construir las hojas de dimensiones diferentes; las más anchas serán las situadas cerca del montante del cerco y las otras irán disminuyendo a medida que se aproximan al centro. Es lo que demuestra el corte por *CD*, figura 1135.

Se pueden hacer con maderas de 3,4 y tableros de 1,8 a 2,5, según sean moldados a uno o dos haces. Por lo general, los derrames van guarnecidos con una moldura ancha en forma de jamba, la cual forma un pequeño cajón en el que se oculta el paquete de hojas al replegarse abiertas.

Contraventanas exteriores. — Como las ventanas están formadas por vidrios en la mayor parte de su superficie, no constituyen, sin duda,



Figs. 1133 a 1135. — Contraventanas interiores.

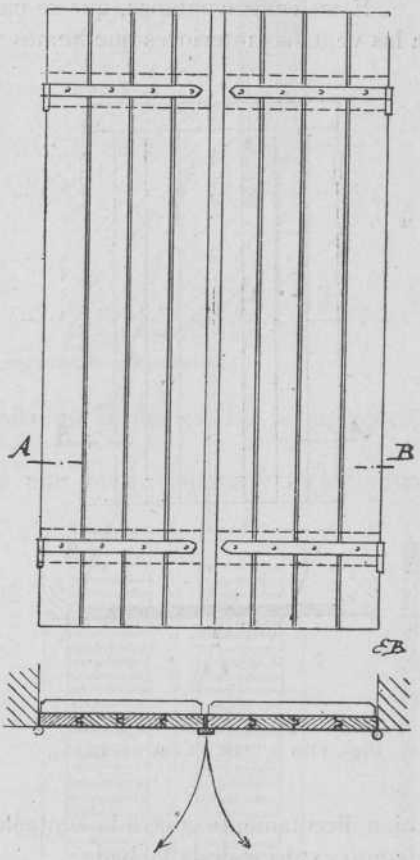
un cerramiento suficiente, sobre todo en los pisos inferiores. Siempre se han adoptado precauciones para proteger estas partes vulnerables de nuestras habitaciones, y para ello se ha empleado la contraventana, moviéndose como las hojas de una puerta, en fuelle o de otra forma.

Cuando las contraventanas se rebaten exteriormente sobre el muro, se hacen de un solo tablero. En las construcciones muy sencillas y económicas, las contraventanas pueden componerse de tablas machihembradas, con o sin tornapuntas y consolidadas por traviesas (figs. 1136 y 1137).

Estas contraventanas pueden hacerse más indeformables añadiendo entre las dos traviesas un tornapunta en diagonal y de la misma escuadría que éstas. En cada hoja se apoya entonces el tornapunta sobre la traviesa, cerca del gozne, y va oblicuamente a sostener la otra traviesa junto al batiente.

Según las dimensiones del hueco, se pueden emplear duelas de 2,5 ó de 3,2 cm. La figura 1137 es una sección horizontal por *AB*.

Se hacen también contraventanas económicas, rebatiendo sobre el muro, como las anteriores, con duelas engargoladas también, pero embutidas por arriba y abajo en dos traviesas ranuradas. Como el machihembrado solo no proporcionaría solidez suficiente, se ensamblan a caja y espiga con ambas traviesas las tablas del borde en cada hoja (figuras 1138 y 1139).



Figs. 1136 y 1137. — Contraventanas de tablas.

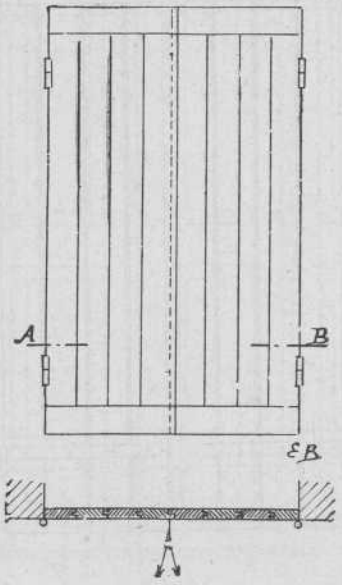
La figura 1139 es la sección horizontal *AB*.

Un sistema de construcción más sólido consiste en hacer las contraventanas con montantes y traviesas ensambladas con tableros de tablas machihembradas (figs. 1140 a 1142). Se pueden enrasar por las dos caras, es decir, con los tableros del mismo es-

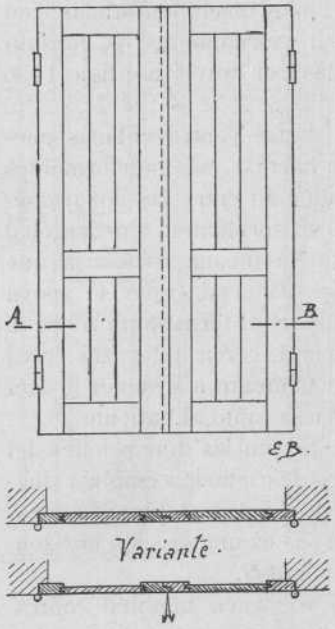
pesor que el bastidor (fig. 1141, sección *A B*), o bien enrasadas por un lado y encuadradas por el otro, como muestra la variante, figura 1142.

Cuando las ordenanzas municipales prohiben el empleo de ventanas y contraventanas que abran al exterior, es preciso hacer las contraventanas de librillo, para que se alojen en paquete en el espesor del *telar*.

Estas contraventanas, que se parecen, en cuanto a su disposición, a las ventanas interiores que hemos visto (fig. 1135), pueden colocarse



Figs. 1138 y 1139. — Contraventanas.



Figs. 1140 a 1142. — Contraventanas.

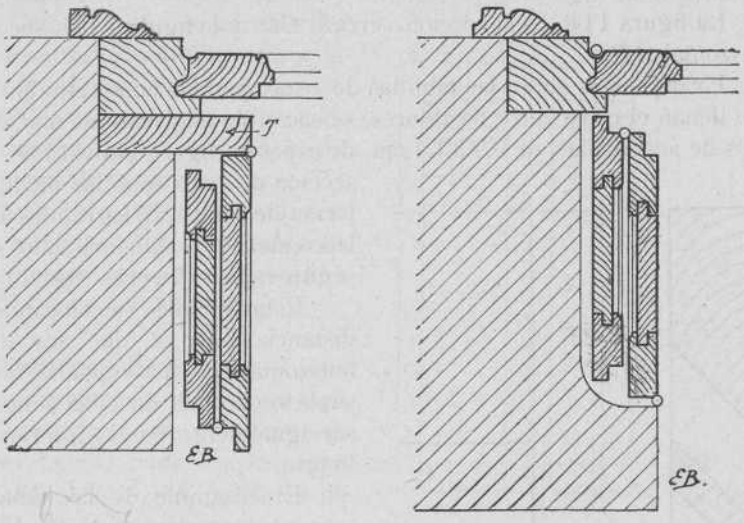
bien directamente contra la ventana de cristales, bien contra el paramento exterior de la fachada.

En el primer caso (fig. 1143) se adosa al montante del cerco una pieza *T*, de madera, de 3,2 cm. de espesor y de un ancho variable según el número de hojas y su grueso; claro que éstas tendrían que ser en mayor número cuanto más ancha sea la ventana.

En el segundo caso (fig. 1144) se abre un hueco en la mampostería y en él se disimula el paquete de hojas. Las bisagras o goznes van entonces empotradas en el muro.

Debemos decir que actualmente se hacen las contraventanas de *librillo* de hierro. Esta construcción permite darles un espesor considerablemente menor y tiene la ventaja apreciable de formar

un paquete de hojas mucho menos voluminoso y, por consiguiente,

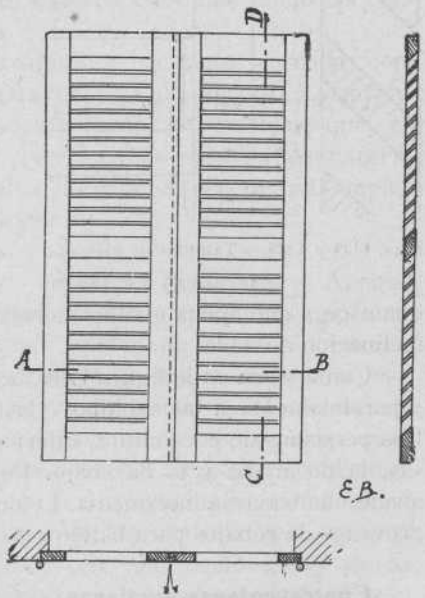


Figs. 1143 y 1144. — Contraventanas de librillo.

impedir en menor grado la entrada de la luz en las habitaciones.

Persianas. — Una persiana es una contraventana exterior cuya disposición consiente hasta cierto punto la entrada de aire y luz al interior. Se componen generalmente de dos hojas que se abren hacia afuera girando sobre goznes empotrados en la fábrica y que al cerrarse viene a encajar en un rebajo practicado en el contorno exterior del cerco o en topes metálicos a propósito.

Cada hoja es un bastidor entre cuyos montantes van ensambladas tablillas de madera de pequeño espesor — 1 cm. aproximadamente, — separadas verticalmente una distancia igual al espesor de la madera del bastidor y colocadas oblicuamente, con inclinación de 45° hacia abajo y hacia afuera (figs. 1145 a 1147).



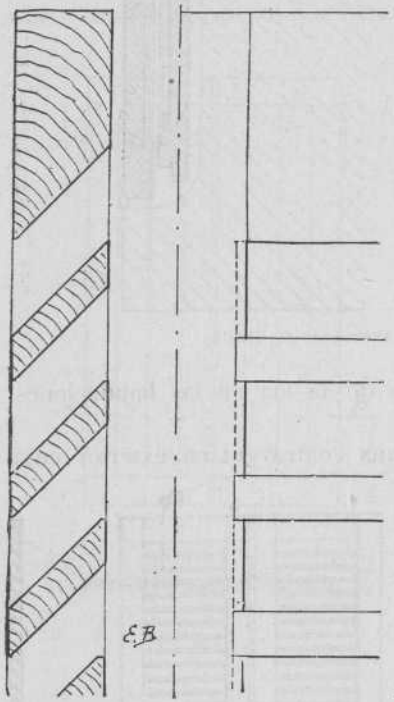
Figs. 1145 a 1147. — Persianas.

Los montantes y traveseros de los bastidores van ensamblados a caja y espiga, y su ancho, según

las dimensiones del hueco, varía entre 8 y 11 cm. El espesor es ordinariamente de 3,4.

La figura 1146 es la sección vertical *CD*, y la figura 1147, sección horizontal *AB*.

Examinemos ahora las tablillas de estas persianas: estas tablillas, que llenan el claro entre bastidores, se sacan de maderas que dan, después de acepilladas, de 0,9 a 1,1 cm. de espesor (figs. 1148 y 1149). La sección de estas tablillas afecta la forma de un paralelogramo cuyos lados menores están inclinados 45°, según indica el corte (fig. 1148).



Figs. 1148 y 1149. — Tablillas de persiana.

Estas tablillas se colocan a tal distancia entre sí, que una línea horizontal que pase por la arista superior de una de ellas debe pasar igualmente por la inferior de la otra.

El ensamble de las tablillas sobre los montantes de los bastidores se hace generalmente mediante simples ranuras oblicuas en las que se deslizan las tablillas, fijándolas con una clavija hundida horizontalmente o por una punta en cada lado. Este ensamble es cómodo porque permite reemplazar fácilmente las tablillas rotas o deterioradas.

Otra ensambladura consiste en hacer la ranura como hemos dicho e introducir en la tablilla un rejón que la fija. O también, sin ranura, llevando cada tablilla una espiga que ajusta en una mortaja preparada en el montante con la inclinación deseada.

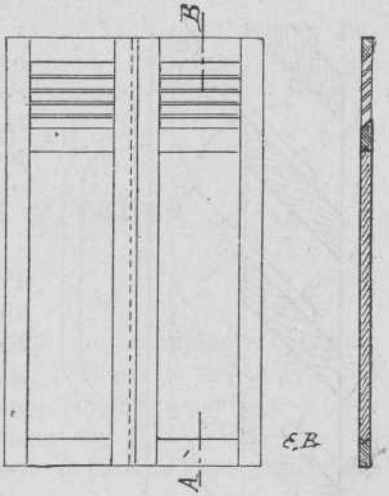
Como se ve en la figura 1146, las traviesas se labran oblicuamente y paralelamente a las tablillas. La traviesa central tiene dos biseles. Las persianas de poca altura, inferior a 1,50 m., sólo llevan dos traviesas, la de arriba y la de abajo. Pero cuando la altura es mayor, se añade una traviesa intermedia. Los montantes del medio son los únicos provistos de rebajos para batiente.

Contraventanas-persianas. — Como las persianas no ofrecen suficientes garantías contra la fractura, se emplean con frecuencia en la planta baja unas contraventanas que son llenas por abajo y provistas

por la parte superior de un cierto número de tablillas destinadas a dejar penetrar un poco de luz y un poco de aire (figs. 1150 y 1151).

Como se ve, no es más que una combinación de las contraventanas y las persianas, con las ventajas de las dos. Su construcción es idéntica a la de los tipos que acabamos de estudiar.

La figura 1151 muestra la sección vertical, *A B*. Los tableros, que hemos supuesto enrasados, pueden ir remetidos.



Figs. 1150 y 1151.
Contraventanas-persianas.

Persianas de librillo. — Como las contraventanas que hemos descrito anteriormente y cuyas secciones hemos dado en las figuras 1143 y 1144, las persianas de librillo se cuelgan sobre una pieza de madera adosada o también directamente sobre el cerco de la ventana (fig. 1152). Encontramos más práctico el primero de estos sistemas.

Las persianas de librillo pueden también colocarse como las contraventanas de la figura 1144.

Hemos dicho antes que se acostumbra hacer de hierro las contraventanas de librillo. Lo mismo ocurre para las persianas, que, en vista del poco espacio que exigen, han llegado a ser de un empleo general.

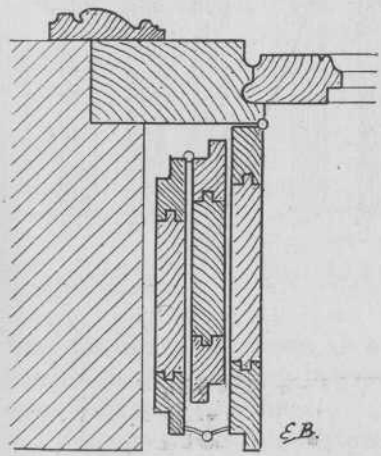


Fig. 1152. — Persiana de librillo.

Puertas-persianas. — Aunque rara vez se empleen las persianas para cerrar un hueco de puerta, siendo ésta por su destino accesible y reclamando por lo mismo un obstáculo protector, algunas veces son provistas de persianas. Entonces nos encontramos, como en el caso de las contraventanas-persianas, con una combinación de la puerta y la persiana, es decir, que el tablero no es lleno ni de cristales, sino de tablillas inclinadas y paralelas.

Algunas veces también, y esto es lo más racional, basta con poner algunas tablillas en la parte alta de la puerta, en la forma indicada para las contraventanas (figs. 1150 y 1151). El empleo de tablillas de arriba hasta abajo no es recomendable, pues constituye un mal cierre, siendo muy fácil desmontar o hacer saltar sencillamente estas delgadas hojas de madera que constituyen las persianas.

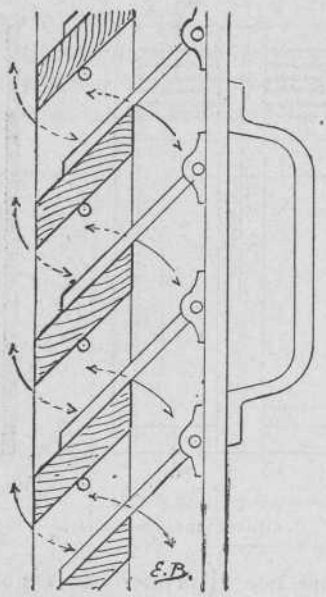


Fig. 1153. — Tablillas de báscula.

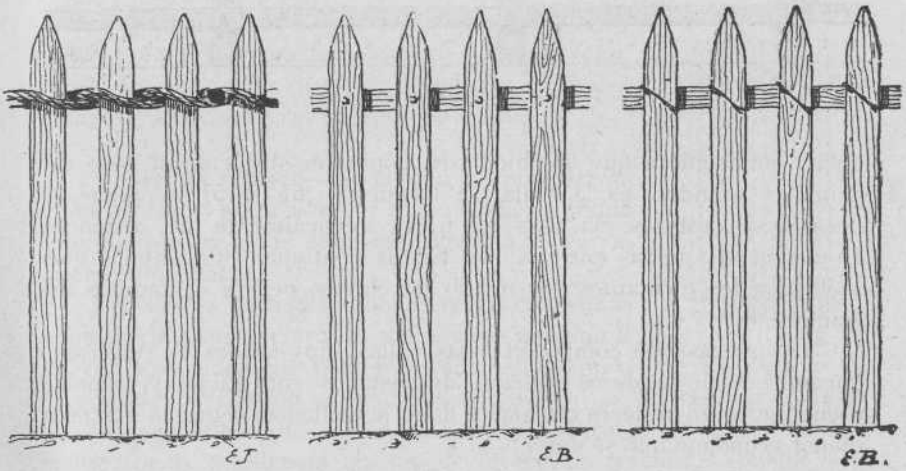
Persianas de tablillas móviles. — Para permitir la entrada de claridad sin tener que abrir las persianas, se ha ideado hacerlas móviles, es decir, que pueden inclinarse bajo un ángulo cualquiera. Esta movilidad tiene no solamente la ventaja de permitir la entrada de la luz, sino que hace posible la visual horizontal y aun hacia arriba, siempre sin necesidad de abrir las hojas.

La figura 1153 muestra esquemáticamente el sistema empleado. Dirigiendo hacia el suelo el asa o puño, se hace que las tablillas tomen la posición horizontal, y apoyando más aún, se invierte por entero el sentido de la oblicuidad.

CAPÍTULO XII

Empalizadas y vallas

Empalizadas.—Se llama *empalizada* un cerramiento o recinto formado por estacas, o tablones en bruto, clavados en tierra, cortados en punta por su parte superior y enlazados por arriba con lianas u otros vegetales fibrosos retorcidos entre cada dos (fig. 1154). Esta clase de empalizadas no es de gran solidez, porque la liana no basta para solida-



Figs. 1154 a 1156.—Empalizadas.

rizar las estacas y apenas se puede confiar más que en el empotramiento en el suelo para obtener una resistencia suficiente contra los empujes laterales posibles.

Con una traviesa en la parte superior (fig. 1155) se obtiene mayor rigidez. Si una estaca sufre un esfuerzo que tiende a derribarla, la traviesa soporta este esfuerzo y lo transmite a las estacas próximas, existiendo, por tanto, una solidaridad que hace más resistente la empalizada.

La forma de unir las estacas a la traviesa tiene poca importancia, pudiendo ser clavadas, aunque esto tiene el inconveniente, si no se entiba al golpe, de poner la estaca en peligro de aflojarse en su empotramiento. Por esto se prefiere, con frecuencia, ligar con fuerte alambre de hierro, como se ve en la figura 1156.

La separación de las estacas varía con el destino de la empalizada. En nuestros ejemplos hemos tomado los claros del mismo valor que los llenos, pero puede modificarse esta distribución según sea necesario.

Valla de largueros. — El cerramiento de madera más sencillo y conveniente, sobre todo en las fincas rurales, ferrocarriles, etc., es

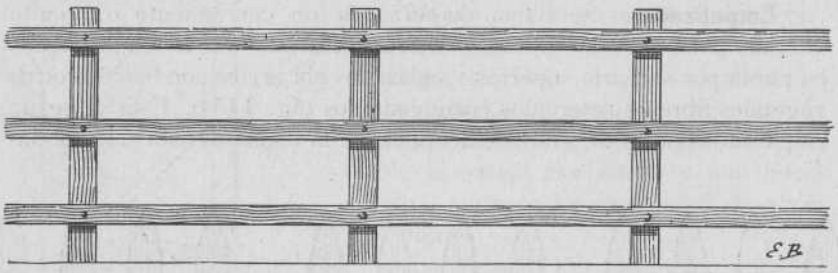


Fig. 1157. — Valla de largueros.

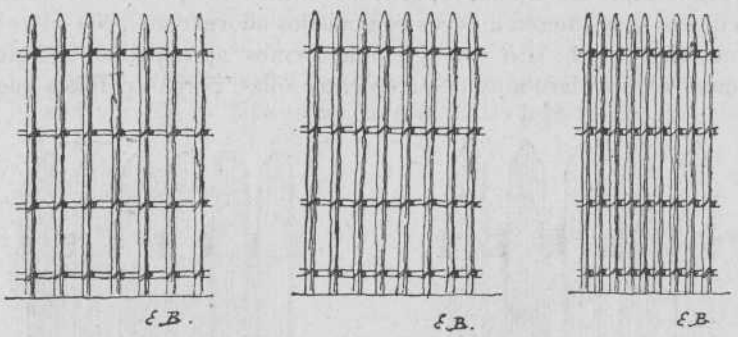
decir, dondequiera que el objeto sea poner un obstáculo al paso de animales grandes, es la valla de largueros (fig. 1157), compuesta de gruesas estacas clavadas en tierra verticalmente de distancia en distancia y unidas entre sí por barras continuas horizontales que se fijan a los montantes por medio de clavos, pernos o ataduras de alambre.

Las piezas que componen estas vallas, muy usadas en América, pueden ser de maderos rollizos, desbastados con hacha y azuela, escuadrados en la sierra circular y hasta acepillados, según la mayor o menor economía que se desee.

Cercados de varetas. — Los cercados o cerramientos de fincas rústicas y jardines se hacen muchas veces de varetas y madera estrecha de raja. Se hincan profundamente piquetes redondos o escuadrados, de 4 a 7 cm., a distancias de 1,20 m. aproximadamente y enlazados por dos o tres hiladas de listones horizontales — o más, según la altura del cercado — contra las cuales se fijan las varetas por medio de ligaduras de alambre de hierro recocido o galvanizado (figura 1158).

Las varetas no son siempre derechas, siendo necesario que el obrero las enderece, haciéndoles, si es preciso, un corte en las partes

encorvadas. Según se desee obtener un cerramiento más o menos completo, se espacian las varetas dejando 10 ó sólo 5 cm., de luz libre (figs. 1158 y 1159). Con un espacio entre varetas de 2 cm. se



Figs. 1158 a 1160. — Cercados de varetas.

obtiene un cerramiento muy bueno que impide el paso de toda clase de animales (fig. 1160).

Por último, cuando se quiere aislar la finca eficazmente del exterior, se emplean varetas juntas unas a otras de un modo continuo, dejando solamente claros irregulares, aunque insignificantes, debidos a las nudosidades y curvas de las varetas (fig. 1161).

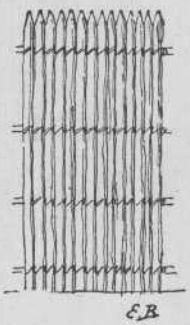


Fig. 1161.
Cierre de varetas.

Vallas de tablas. — Se llaman también *verjas* y *barandas* y hasta a veces empalizadas, aunque este nombre en rigor deba reservarse a los cerramientos de estacas.

Las *vallas* se hacen muchas veces con tablas venidas de sierra, clavadas a traviesas que van a su vez sostenidas por postes clavados en tierra, o empotrados a veces en un macizo de obra.

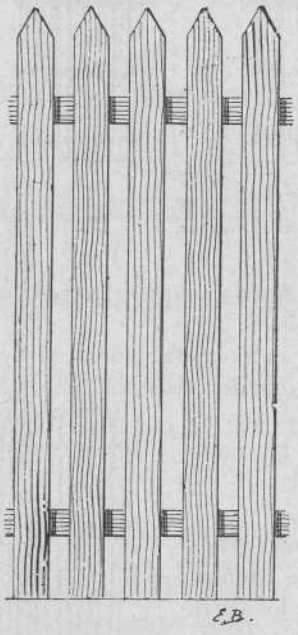
La separación de los postes varía naturalmente con la resistencia que puede ofrecer la traviesa y puede ser, según los casos, de 2,50 a 4 m. También deben estar proporcionados a la resistencia requerida, el empotramiento y la escuadría de los postes, según la separación entre ellos.

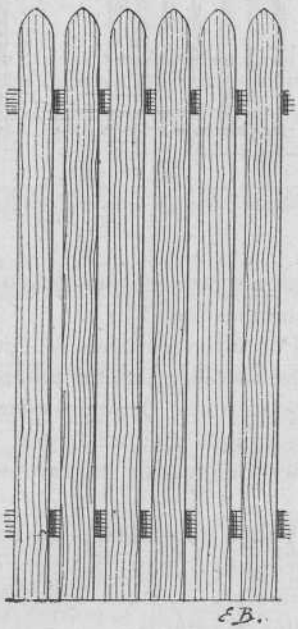
La figura 1162 nos da un ejemplo, que puede ser con madera de sierra o acepillada. Se ha empleado una tabla sencilla con una punta arriba obtenida por dos simples cortes de sierra. El claro dejado entre las tablas varía con el destino de la valla, pero en todo caso no debe pasar de 13 cm. el espacio libre.

La figura 1163 puede ser tratada como la anterior, siendo la única diferencia la forma ojival de las puntas. De un modo general, haremos

la misma observación en lo tocante a los claros entre las tablas, diciendo que varían con el destino del cerramiento, y no insistiremos sobre el particular.

No siempre bastan al propósito decorativo las puntas rectilíneas o curvilíneas y se intenta a veces con calados adornar un poco el cerramiento (fig. 1164). En este ejemplo hemos aproximado las tablas dejando sólo un claro muy pequeño entre ellas, pero repetimos que se





Figs. 1162 y 1163. – Vallas de tablas.

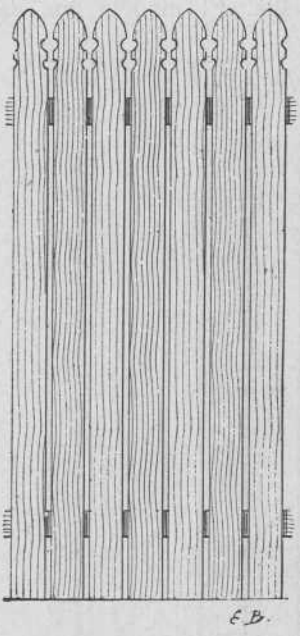
pueden hacer a voluntad, con la única condición de que el cerramiento llene su función de constituir un obstáculo al paso.

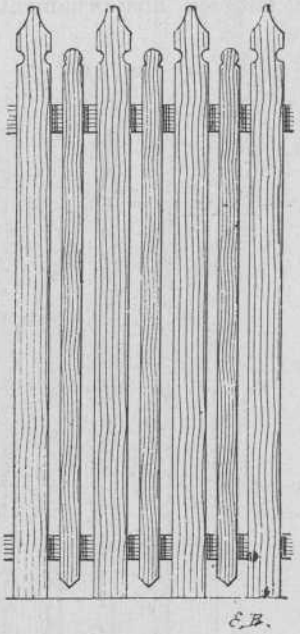
No solamente pueden variarse los claros, sino que pueden igualmente ser de diferentes anchos los elementos que constituyen la valla. Desde el punto de vista constructivo, es en cierto modo un contrasentido, puesto que, introduciendo elementos más estrechos con una misma distancia entre traviesas, se crean puntos débiles en el cerramiento (fig. 1165). Es verdad que con tablas estrechas podría obtenerse una resistencia igual a la de las tablas anchas, dándoles más espesor, pero creemos lo mejor dar más escuadría a las tablas anchas.

Algunas vallas tienen por objeto no solamente impedir el paso, sino evitar que se vea lo que ocurre al otro lado. Para conseguir esto, se construye la valla de tablas como las precedentes, pero dejando

únicamente pequeños claros, cuyo objeto es que la madera pueda dilatarse libremente y evitar la hinchazón, que no dejaría de producirse si se pusieran las tablas al tope. Para cegar estos pequeños claros, variables con el movimiento de la madera, se coloca sobre ellos un cubrejunta de madera delgada clavada a las tablas (figuras. 1166 y 1167).

La figura 1166 muestra en alzado el aspecto de esta valla, en la que hemos variado el dibujo del calado de las tablas. Los pies dere-





Figs. 1164 y 1165. — Vallas de tablas.

chos no son visibles desde el exterior y están colocados enfrente de una junta. Las traviesas están asimismo disimuladas tras de las tablas, como se indica en corte (fig. 1167).

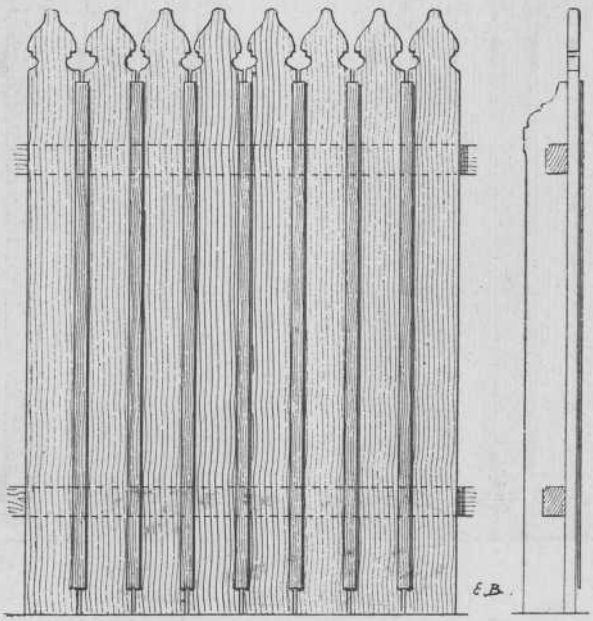
La valla representada por las figuras 1168 y 1169 es la que sirvió para cercar la Exposición universal de 1900, en París. Es, en conjunto, de un aspecto agradable, y puede establecerse de una manera relativamente económica. Su altura corriente máxima era de 2,65 m., y los pies derechos eran de 18 × 6 cm. de escuadría y separados 4 m. entre ejes. La traviesa superior estaba a 2,35 m. de altura, y las otras dos separadas 0,89 m. Eran de 6 × 11. Por último, las tablas tenían 3,2 × 22,5.

Cada cuatro metros — separación de los montantes — se unen dos tablas, formando un ancho de 45 cm. entre las dos y sobrepasando en

90 cm. la altura de la valla, rematándose con un motivo decorativo calado que rompe la monotonía inevitable en un desarrollo tan grande de cerramiento.

La figura 1168 indica la ornamentación obtenida por los calados y por los botones torneados y puntas de diamante sobrepuestos. La figura 1169, corte vertical, muestra la posición de las traviesas, así como los perfiles de las puntas de diamante, botones o cabujones.

El calado empleado en la longitud completa de la valla proporciona también una ornamentación sencilla. El modelo que damos



Figs. 1166 y 1167. — Valla de tablas con cubrejuntas.

(figura 1170) da una idea de ello, pero sería, en nuestra opinión, bastante mejor si los claros fuesen más reducidos. Esta valla es de tres traviesas como la anterior, pero las traviesas se sitúan a distancias desiguales.

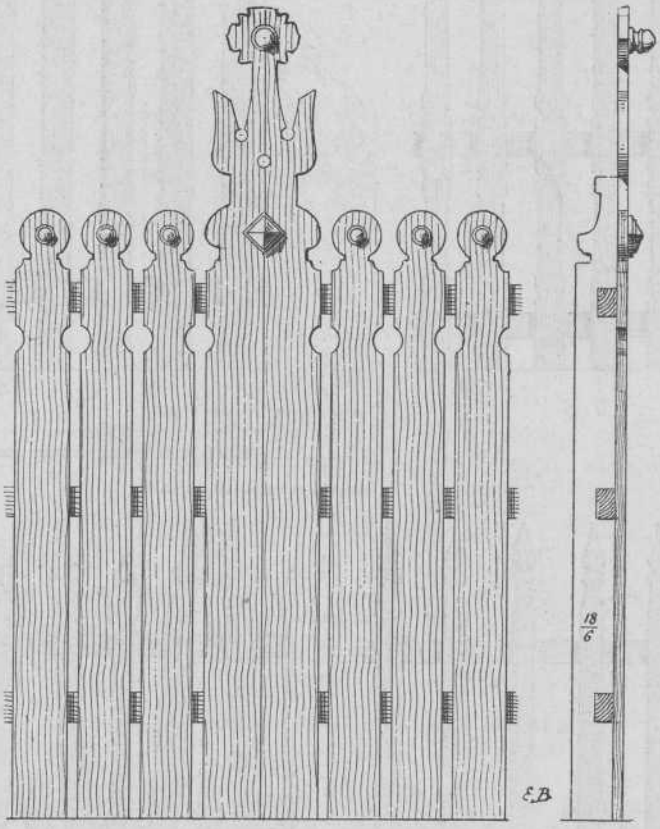
En una valla pueden ser aparentes los pies derechos y contribuir a la decoración. Se puede hasta destacarlos en saliente para romper la línea recta, siempre monótona, y marcar los tramos.

En nuestro ejemplo de las figuras 1171 y 1172 hemos hecho enrasar el pie derecho con las tablas, pero creemos sería preferible hacer que aquél sobresaliera en toda la parte achaflanada. La figura 1171 muestra en elevación el pie derecho coronado de una cabeza moldu-

rada por las cuatro caras. Hemos variado algo el calado de remate de las tablas.

La figura 1172 es la sección horizontal e indica la posición de las tablas y de las traviesas con relación al pie derecho.

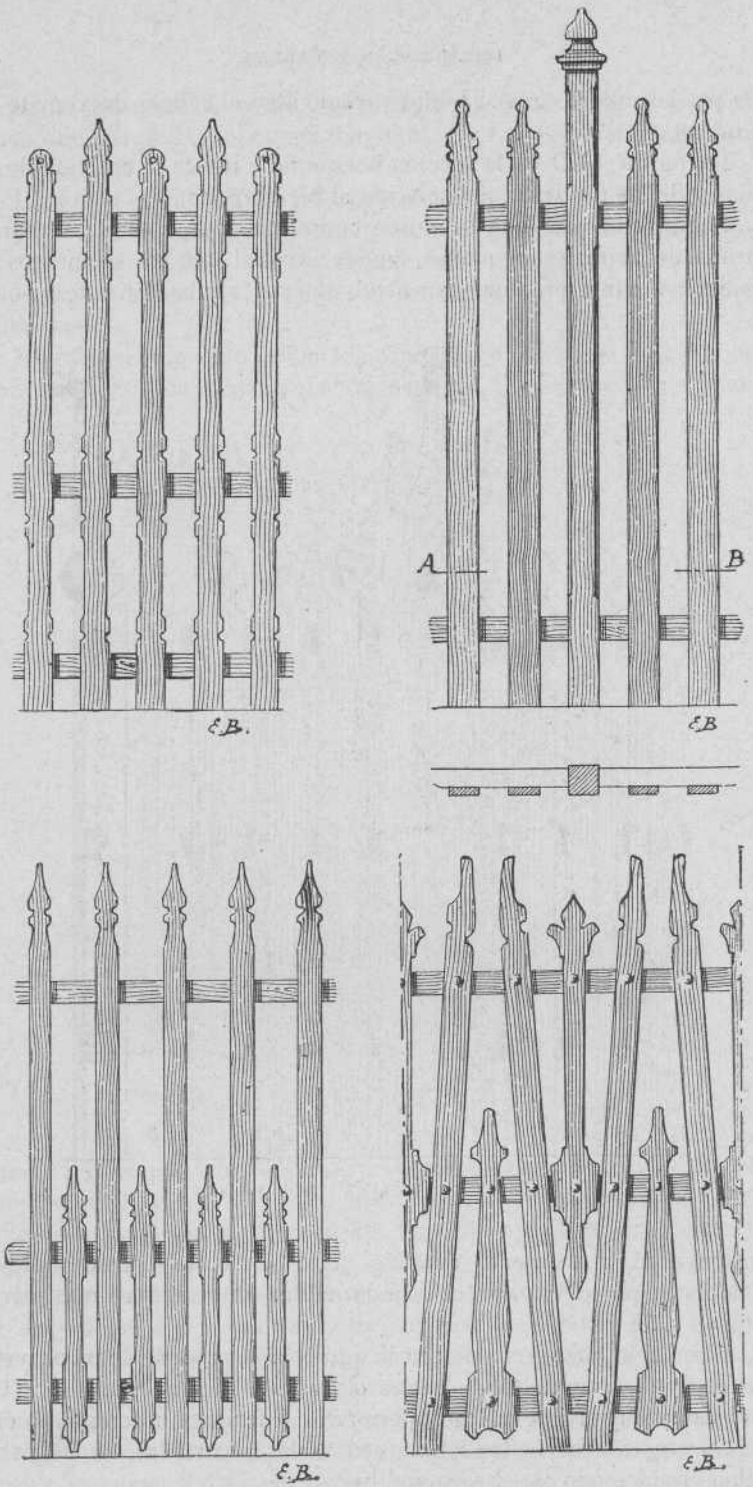
Según el objeto que se desee conseguir, por ejemplo, evitar la entrada de animales pequeños, puede ser útil que los elementos de la valla estén más próximos por abajo que por arriba. En este caso, se



Figs. 1168 y 1169. — Valla de tablas.

construye el cerramiento dejando claros bastante considerables y se dobla la parte inferior colocando tablas intermedias más cortas (figura 1173).

El modelo que ofrecemos en la figura 1174 procede de un proyecto algo extraño, compuesto de tablas clavadas oblicuamente sobre tres traviesas y cuyos intervalos superiores e inferiores, alternativamente anchos y estrechos, se redoblan con tablas recortadas en las partes anchas, reduciendo así el espacio libre.

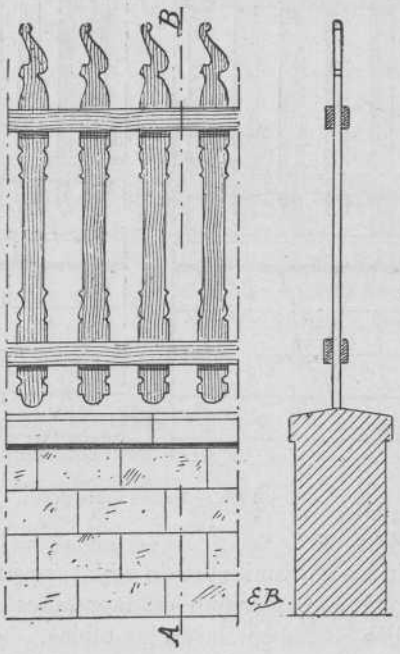


Figs. 1170 a 1174. — Vallas de tablas.

Estos cerramientos se completan a veces con un pretil o pequeño muro, de 0,80 a 1 m. de alto, sobre el que va instalada una de estas vallas.

Las figuras 1175 y 1176 dan una valla cuyas traviesas, de dos piezas, son en realidad cepos y aprisionan entre ellas las tablas.

Este procedimiento favorece la conservación, porque el agua de lluvia no puede detenerse, como ocurre con las traviesas ordinarias, que presentan una superficie relativamente grande.



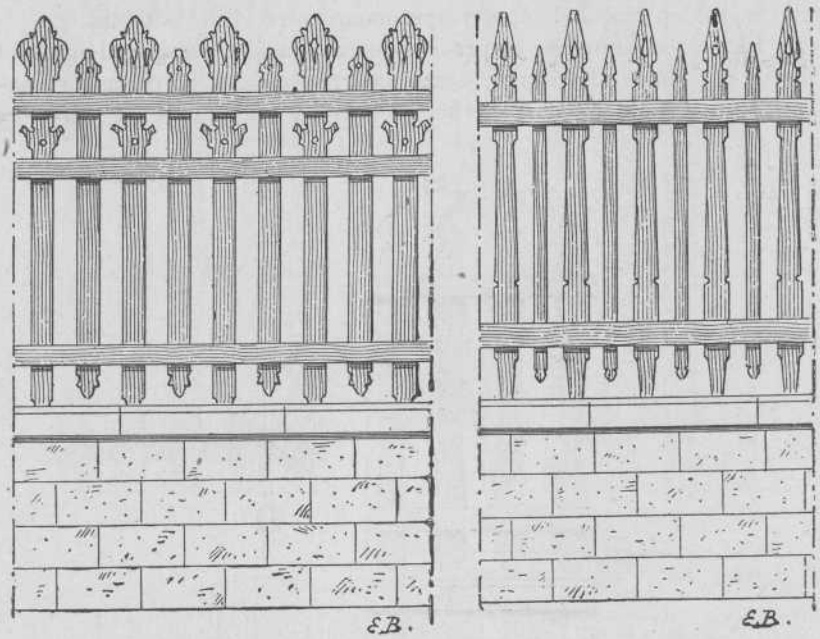
Figs. 1175 y 1176. — Valla sobre basamento de fábrica.

En este ejemplo, las tablas van recortadas en toda su longitud. La figura 1176, sección *A B*, muestra la disposición de las traviesas.

Los tipos de valla representados en las figuras 1177 y 1178 están también montados sobre basamento de obra. El primero de estos tipos, como puede verse en el dibujo, obliga a una pérdida considerable de madera, cuyo sacrificio no nos parece justificado por el resultado obtenido.

En general, los cerramientos de tablas tienen sólo un carácter provisional. La madera no da muy buen resultado cuando está expuesta a la intemperie, y la pintura, aunque sea un medio excelente de conservación, no puede garantizarle una duración muy larga.

Como siempre que se trata de maderas caladas, cuando hay muchas piezas con el mismo perfil, se recortan varias con un solo corte de sierra.



Figs. 1177 y 1178. — Vallas sobre pretil.

Puertas. — En los cerramientos de tablas, se hacen las puertas de la misma forma y estilo. Constan de montantes o pies derechos y de un bastidor sobre el cual se clavan las tablas.

Para las puertas que constituyen un motivo decorativo principal en el cerramiento, véanse las figuras 926 y siguientes, capítulo IX.

CAPÍTULO XIII

Escaleras

Generalidades

Una escalera es una obra parte de una construcción que permite la comunicación entre los diferentes pisos de un edificio. Es una serie de planos horizontales o gradas elevadas unas a continuación de las otras y sobre las cuales una persona que sube o que baja coloca alternativamente el pie derecho y el pie izquierdo. Estas gradas o planos toman el nombre de escalones (fig. 1179) y deben tener, en cuanto a su ancho y altura, dimensiones determinadas por el paso humano medio, como veremos pronto.

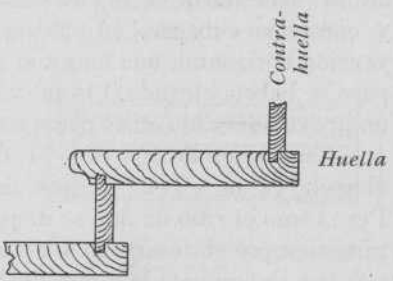


Fig. 1179. — Escalones.

La escalera debe encontrarse a poca distancia de la entrada de la casa y ser muy visible. Su anchura y su solidez deben estar en relación con la importancia del paso que establecen para personas, muebles, mercancías, etc., con la importancia de la construcción de que forman parte, de su destino o del grado de lujo de la misma.

El arranque de una escalera debe estar muy despejado, siendo preciso que delante del primer escalón haya el mayor espacio posible. Para facilitar el ascenso, el pasamano debe colocarse a la derecha, a reserva de las necesidades de distribución de planta, que pueden obligar a ponerlo a la izquierda.

No deben hacerse tramos de más de veinte escalones seguidos. Si la altura que hay que alcanzar exige un número mayor, para evitar que la escalera fatigue demasiado, conviene interrumpir el tramo por un descanso.

Una escalera debe estar siempre bien iluminada en toda su longi-

tud, en los descansos y, sobre todo, en los descansos de llegada, en que se encuentran las puertas de acceso a los pisos.

Todos los escalones de un tramo deben tener la misma altura, y el ancho, medido en la línea de huella, debe ser rigurosamente igual para todos. Nada tan peligroso como las diferencias de ancho y altura, porque como el pie verifica muy pronto su educación en lo concerniente a la medida del paso, una diferencia imprevista, sobre todo en ancho, podría provocar caídas.

Dimensiones del escalón.—La experiencia demuestra que el paso del hombre tiene por término medio una longitud de 0,63 a 0,66 m.



Fig. 1180. — Tabla horizontal.

Para franquear horizontalmente una tabla de 7,75 m. (figura 1180) y tomando la media de 0,645 m., un hombre necesitará, por lo tanto, 12 pasos. Si se elevase 0,60 m. el extremo de la tabla, el mismo hombre debería dar 13 pasos para alcanzar lo alto del plano inclinado así obtenido (fig. 1181). Si el final se encontrase a 2,90 m. de altura, necesitaría ya 18 pasos y cada uno cubriría, en proyección horizontal, una longitud de 0,30 m. aproximadamente. A cada paso se habría elevado 0,16 m. y esto sin dificultad si su pie encuentra un apoyo adecuado en el plano inclinado.



Fig. 1181. — Plano inclinado.

La relación de 16 a 30 ó 31, 0,16 para la altura y 0,30 ó 0,31 para el ancho es, en efecto, la que da los escalones más fáciles de subir. Pero como el sitio de que se dispone para la caja de la escalera no permite siempre el desarrollo necesario para adoptarla, es preciso, cada vez que se aumenta la altura del peldaño en 1 cm., disminuir su ancho en 2 cm. Si se tuviese un escalón o peldaño de 0,17, o sea 0,16 + 0,01, se haría su ancho igual a 0,31 — 0,02 = 0,29 m. Si, por el contrario, la altura fuese de 0,15, debería ser el ancho de 0,31 + 0,02 = 0,33 m.

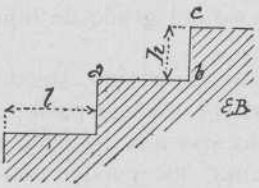


Fig. 1182. — Peldaños.

Esta relación viene dada por la fórmula empírica y aproximada: $2h + l = 0{,}64$, en la que h es la altura $b\,c$ del peldaño o *contrahuella* (fig. 1182) y l es el ancho $a\,b$ o *huella* del mismo. Se ve, aplicando esta fórmula, que si se hiciera $h = 0$, que es el caso de la tabla horizontal, tendríamos $l = 0{,}64$. Y, haciendo $l = 0$ — caso de una escala vertical fija, — se tendría: $2h + 0 = 0{,}64$, de donde: $h = 0{,}32$, que será la separación entre peldaños.

Otra manera de proporcionar los escalones consiste en darles un

ancho igual al cociente de la división del número 500 por la altura del escalón expresada en centímetros, o sea la fórmula:

$$\frac{500}{h} = l.$$

Que para una altura de $h = 0{,}165$, da:

$$\frac{500}{0{,}165} = 0{,}303 \text{ m.}$$

Pero estas fórmulas, que dan buenos resultados, son rara vez aplicables en nuestras construcciones, en que lo reducido del espacio nos obliga a sacrificar a la escalera sólo una superficie mínima y a veces insuficiente. Por esto se llega a hacer escalones con 0,23 m. de huella y 0,17 m. de contrahuella; y una escalera hecha de este modo es muy fatigosa.

Ancho de la escalera.— Es el espacio comprendido entre el muro de la *caja* y la cara interior de la *zanca,* o sea al enrase con las ensambladuras de los peldaños (fig. 1183).

Esta dimensión del escalón no está sometida a ninguna regla y varía de un peldaño a otro en las escaleras compensadas encerradas en caja cuadrada o rectangular. Depende del destino en cuanto a importancia decorativa, de la necesidad de facilitar el ascenso o descenso de algunas personas solamente o a multitudes numerosas, o también de los objetos más o menos voluminosos que hayan de circular por la escalera.

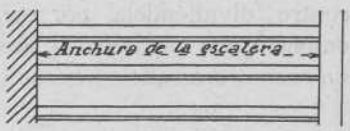


Fig. 1183.— Ancho de la escalera.

En los edificios, el ancho de las escaleras puede ser: De 1,60 a 2 m. para las grandes escaleras; de 1,30 a 1,50 m. para las medianas; de 1 m. a 1,15 m. para las pequeñas, y de 0,65 a 0,85 m. para las escaleras de servicio.

No obstante, si bien no puede fijarse un límite máximo para la longitud de los escalones, en cambio hay siempre un mínimo, que estimamos debe ser de 0,65 m. Esta dimensión es la más reducida a que pueda llegarse, si bien en las escaleras de caracol se llega a veces a 0,50 y hasta a 0,45 m.

Línea de huella.—Se da el nombre de *línea de huella* a una línea trazada sobre la proyección horizontal de una escalera, paralelamente a la zanca y, por tanto, a la superficie plana o cilíndrica que pasa por el pasamano. Se llama así porque es la proyección de la línea seguida al subir o bajar por una persona que se apoya en el pasamano (figura 1184).

La línea de huella es recta en los tramos rectos, en los cuales el peldaño tiene la misma medida de huella, *l*, en toda su longitud. En las escaleras curvas, de escalones radiales o compensados, la línea de huella sigue la misma curva y la dimensión *l* va creciendo en cada peldaño desde la zanca o *collar* hasta la pared de la caja o falsa zanca.

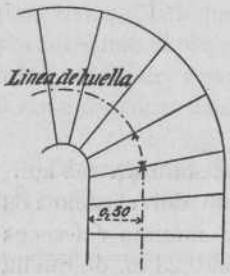


Fig. 1184.
Línea de huella.

En una escalera recta, la línea de huella puede trazarse por un punto cualquiera de la longitud del peldaño y sobre ella se determina la proporción de éstos por las fórmulas conocidas. Pero en una escalera curva o en vuelta, en una escalera en hélice, la línea de huella debe trazarse a 0,50 m. de la barandilla, de forma que una persona al subir o bajar, apoyada en el pasamano, debe encontrar un ancho de peldaño suficiente donde poner el pie. Existe cierta costumbre de decir que la línea de huella se encuentra en el centro de la longitud del escalón. Esto es verdad para las escaleras que tengan alrededor de 1 m. de ancho, pero es completamente falso para las escaleras más anchas.

Supongamos, exagerando, una escalera de 4,60 m. de ancho, como representa nuestra figura 1185, y situemos la línea de huella en el centro, dividiéndola, por ejemplo, en huellas de 0,30 m. Ocurrirá entonces que una persona, al subir o bajar apoyándose en la barandilla, no encontrará suficiente sitio para poner el pie: habrá en este punto

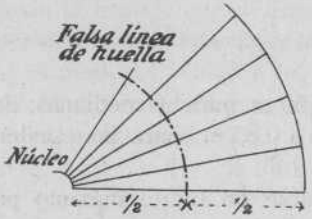


Fig. 1185.—Falsa línea de huella.

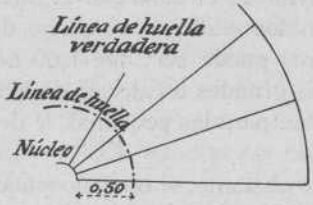


Fig. 1186.—Línea de huella verdadera.

del peldaño 0,13 ó 0,14 m. de ancho solamente, lo que ocasionaría continuos accidentes.

Por tanto, los escalones deben presentar un ancho suficiente a 0,50 m. de la zanca, como indicamos en la figura 1186, es decir, que el ancho de huella adoptado para los escalones rectos debe medirse sobre una línea de huella situada a 0,50 m. de la barandilla.

Resulta así forzosamente que los escalones, junto al muro de caja, son excesivamente anchos, pero esto es inevitable.

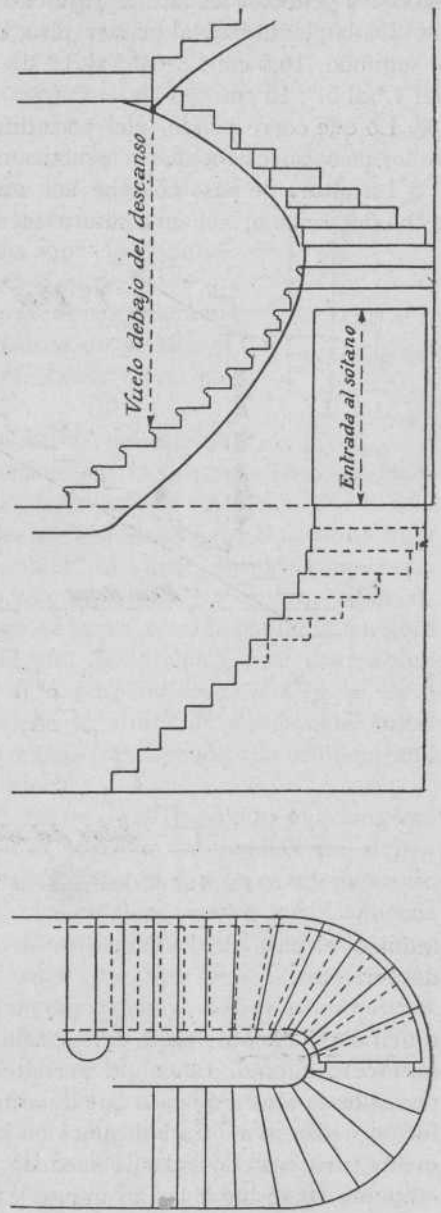
Altura de paso. — La *altura de paso* o *vuelo entre tramos* es la distancia comprendida entre un escalón y el techo del tramo superior. Es muy importante en la construcción de escaleras y precisa tenerla muy en cuenta en el estudio del proyecto.

En las escaleras en general y en las que con más frecuencia se presentan al constructor, que son las de casas de pisos, se debe tener en cuenta:

1.° La altura de paso bajo la escalera para el descenso a la cueva: hacen falta, por lo menos, 14 escalones para conseguir una puerta de 2 m. de altura, cuya dimensión, según la importancia de la construcción y su destino, puede reducirse a 1,80 y hasta a 1,75 m.

2.° Como la planta baja tiene siempre una elevación mayor que los otros pisos, necesita mayor número de peldaños; siendo invariable el *rellano* o descanso de llegada, no se puede obtener el número necesario sino avanzando el arranque en el vestíbulo según la cantidad de peldaños exigidos; resulta así que el rellano del primer piso se encuentra situado encima del cuarto o quinto peldaño, lo que reduce aun más la altura de paso (figuras 1187 y 1188).

Se evita este inconveniente aumentando la altura de los escalones para disminuir su número, y de este modo se llegará a pasar con el rellano sobre el segundo o tercer escalón.



Figs. 1187 y 1188. — Altura de paso.

Los escalones de la primera vuelta pueden aumentarse sin ningún inconveniente en 0,8 cm. ó 1 cm. y algo más. Si consideramos que, cuanto más se sube, más se

siente la fatiga, comprenderemos que es conveniente dulcificar la rampa en cada piso, es decir, que, a nuestro parecer, podría darse, por ejemplo, a los peldaños las alturas siguientes:

De la planta baja al primer piso, de 17 a 18 cm.; del primer piso al segundo, 16,5 cm.; del 2.° al 3.°, 16 cm.; del 3.° al 4.°, 15,5 cm., y del 4.° al 5.°, 15 cm.

Lo que corresponde, con poca diferencia, a la reducción de altura de los pisos sucesivos que se practica ordinariamente.

La altura de paso no debe ser nunca inferior a 2,20 m. bajo el techo del rellano; con una altura menor que ésta, que damos como

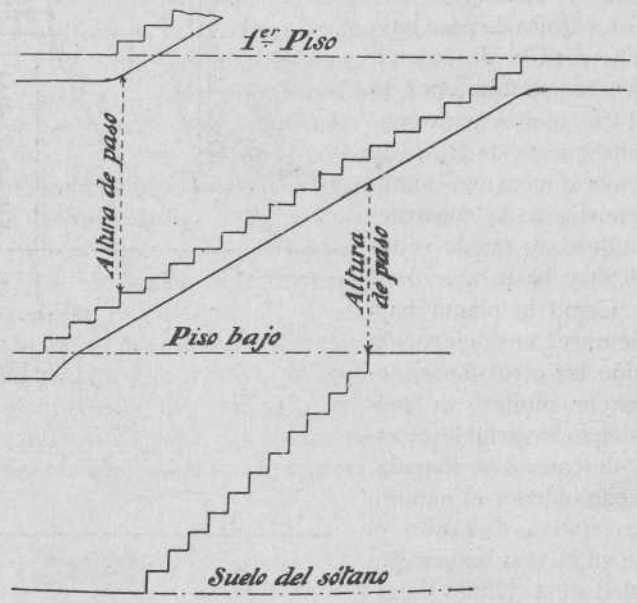


Fig. 1189. — Determinación de la altura de paso.

mínimo, el paso de los muebles se hace difícil y son frecuentes los desperfectos.

Sobre las proyecciones, como en las figuras 1187 y 1188, es muy difícil darse cuenta exacta del espacio de que se dispondrá. Pero existe un procedimiento gráfico que permite conocer con sencillez y bastante precisión la altura de paso que dejarán verticalmente entre sí las revoluciones sucesivas. Lo indicamos en la figura 1189 y consiste, simplemente, una vez conocidas la línea de huella y la altura de cada piso, en poner en su lugar los arranques y rellanos y desarrollar la línea de paso como si se tratase de una escalera recta. Es fácil entonces darse cuenta, midiendo a escala, si se tiene la suficiente altura de paso.

El desarrollo que hemos escogido es el de la escalera de planta en herradura (fig. 1188).

Compensación. — En las escaleras que tienen parte en recta y parte en curva, se llama *compensación* la distribución de las disminuciones de ancho de los peldaños en el collar. Se disminuye gradualmente el ancho de los escalones en el collar repartiendo la reducción total entre un número mayor o menor de ellos. Esto es lo que se llama *compensar* una escalera (fig. 1190).

Esta figura nos servirá de ejemplo: *A B C* es la *línea de huella,* situada, como hemos dicho, a 0,50 m. de la barandilla; *F D* es el límite del *ojo* o hueco entre las dos zancas; las líneas de puntos representan las aristas salientes de los peldaños supuestas normales a la línea *F D,* en parte recta y en parte curva. La disminución de ancho se haría de una manera súbita y produciría un cambio brusco de pendiente que daría a la zanca una forma defectuosa y que podría hacer peligrosa la escalera.

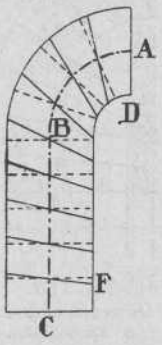


Fig. 1190.
Compensación.

Se emplean diferentes métodos para determinar la compensación. Veremos primeramente el procedimiento geométrico representado en la figura 1191.

Después de haber trazado la línea de huella, *A B C,* de la figura 1190, y de haberla dividido en tantas partes iguales como escalones, se fija el número de éstos que deban seguir rectos, es decir, perpendiculares a la zanca; después se toma sobre la planta la longitud o desarrollo de la proyección horizontal de la zanca y se lleva sobre una horizontal *A B*. Se traza por *B* la perpendicular *B C* y se lleva sobre ella la altura de un escalón tantas veces como corresponda a la semilongitud de la zanca.

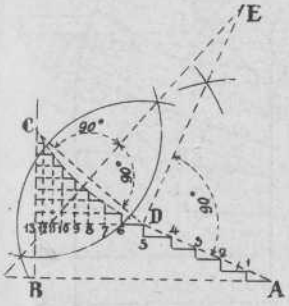


Fig. 1191.
Procedimiento de compensación.

A partir de *A,* se mide una longitud igual a la suma de las huellas que deben ser rectas, y el punto *D* es el punto de paso de los escalones rectos a los compensados. Para determinar el ancho de éstos en el collar, se unen *D* y *C* y se levanta una perpendicular en el centro de esta recta. Por *D* se traza *D E* perpendicular a *A D*. Desde el punto *E,* de intersección de estas dos perpendiculares, como centro, y con un radio *E D,* se describe el arco *C D;* de este modo quedan unidos los puntos *D* y *C* por un arco de círculo que es tangente a *D A* en *D*. Las intersecciones de este arco con las horizontales correspondientes a la altura de cada peldaño determinan los anchos graduales de éstos, medidos en el collar.

En la figura 1192 se indica otro procedimiento que conviene para seis peldaños, siendo normales los restantes.

Una vez fijado el punto de partida de la compensación y siendo el escalón *A* perpendicular a la zanca, se divide la distancia del centro a la arista de este escalón en siete partes iguales. Después se unen los puntos *1*, *2* y *3* de la línea de huella con el centro o punto *C'*; el punto *4* con *C''*, el *5* con el *C'''*, el *6* con el C^{IV}, y, por último, el punto *7* con el medio de los C^{V} y C^{VI}. Si se quisiera hacer una compensación más perfecta puede unirse el punto *3* con un punto intermedio de los *C'* y *C''*.

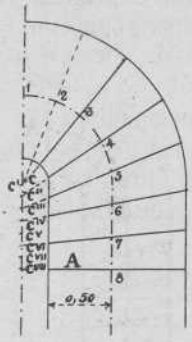


Fig. 1192. Procedimiento de compensación.

Veamos otro nuevo método (fig. 1193).

Sobre la prolongación de *AB* se desarrolla *BC*, según *BC'*. Se traza *C'O*, perpendicular a *BC'*. Una oblicua cualquiera *AD*, se divide en tantas partes iguales como peldaños sobre la línea de huella. Por último, se une cada punto de división con el punto *O*, tomado arbitrariamente sobre la línea *DC'* prolongada. Los dos primeros collares quedan determinados por arcos con centro en *B* y los restantes por las intersecciones de las líneas radiales con la línea *AB*.

Estos métodos, bastante laboriosos, dan resultados sujetos en la práctica a muchas modificaciones, por lo cual los carpinteros prefieren no recurrir a ellos y determinar sobre la montea, por tanteo, la compensación de los peldaños irregulares, lo que les resulta fácil por su práctica del oficio.

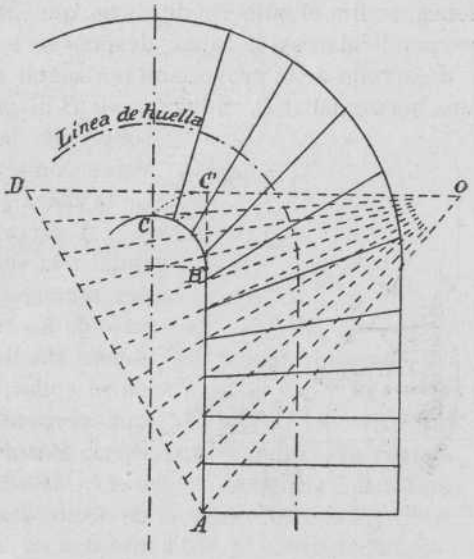


Fig. 1193. — Procedimiento de compensación.

Cajas de escalera, tramos, ojos, rellanos. — La *caja* es el espacio vacío, cerrado por los muros rectos o curvos y destinado a recibir la escalera. *Tramo* es la parte de escalera comprendida entre dos descansos, pudiendo ser, según su forma, *tramo recto* o *tramo en vuelta*. *Ojo* es el hueco que queda entre dos tramos consecutivos. *Rellano, meseta, descanso,* o *descansillo,* es una porción de suelo más o menos importante intercalado entre los tramos de una escalera.

Aprovecharemos este estudio de las cajas para examinar al mismo

tiempo las diferentes formas de escaleras que son consecuencia de la forma de las cajas en que están contenidas.

La escalera recta (fig. 1194) no necesita caja, pudiendo ir apoyada contra un muro, como en nuestro ejemplo, y también ir aislada, lo mismo que una escala.

Si la escalera alcanza cierta altura, conviene colocar un descansillo intermedio, como indicamos en la figura 1195. La misma escalera puede encontrarse adosada a un muro que forme un ángulo abierto



Fig. 1194. Escalera recta.



Fig. 1195. — Escalera recta con descansillo.

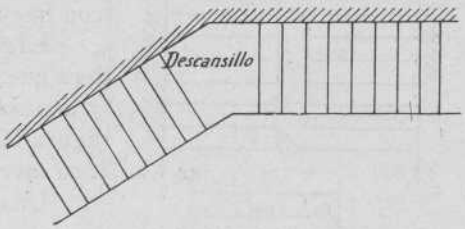


Fig. 1196. — Escalera quebrada.

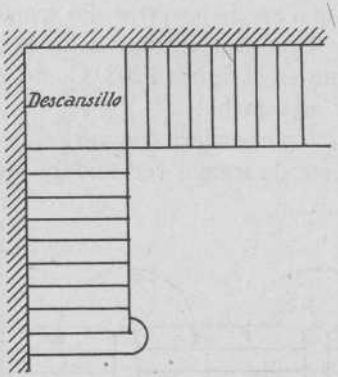


Fig. 1197. — Escalera en escuadra.

(figura 1196). O también en un ángulo recto, con descansillo y cambio de dirección (fig. 1197). Con cambio de dirección por regreso en tramo paralelo y descanso intermedio, como en la figura 1198.

En los edificios de varios pisos, la caja de escalera debe recibir luz directa por ventanas practicadas en uno de los muros perimetrale Cuando, por el contrario, sólo se trata de casas poco elevadas, de uno o dos pisos por ejemplo, puede proporcionarse luz a la escalera por una claraboya instalada en el techo.

No pueden fijarse las dimensiones máximas de una escalera, pero podemos decir que una caja rectangular destinada a contener una modesta escalera de casa de alquiler, semejante a la figura 1198, debe

tener las dimensiones mínimas siguientes: ancho, 2,30 m.; largo, 3,30 m.; comprendido un rellano de llegada de 1,05 m. Estas dimensiones permitirán 0,23 m. de huella, 1,02 m. de longitud de peldaño y 0,26 m. de claro entre las dos zancas.

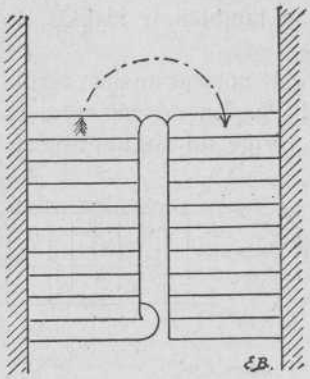


Fig. 1198.
Escalera de tramos paralelos.

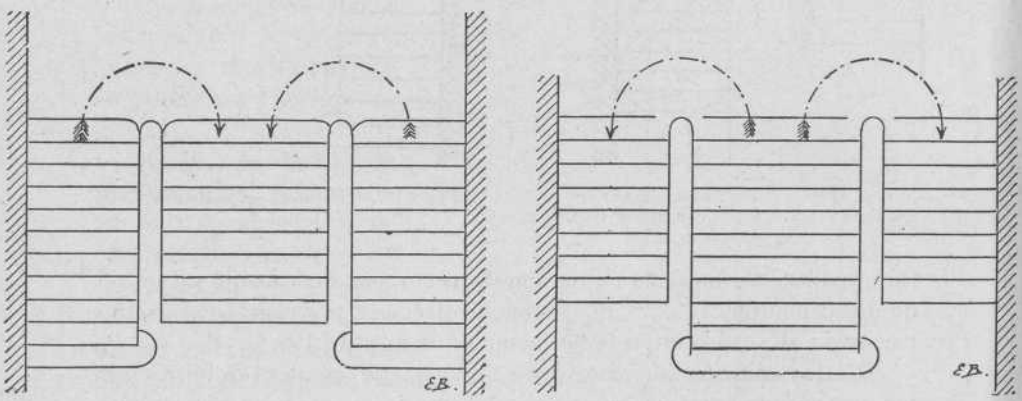
La forma de la caja resulta de la de la planta y su distribución, y, sobre todo, tratándose de escaleras de servicio, que se ponen donde se puede, esta forma es con frecuencia muy retorcida.

La figura 1199 representa una escalera que tiene dos tramos en el arranque y uno solo en el cambio de dirección. La figura 1200 es la misma escalera en sentido inverso.

Una variante de este género se representa en las figuras 1201 y 1202. En estas escaleras hay que cuidar siempre de dar bastante ancho al tramo único, para permitir una circulación equivalente a las de los otros dos tramos reunidas.

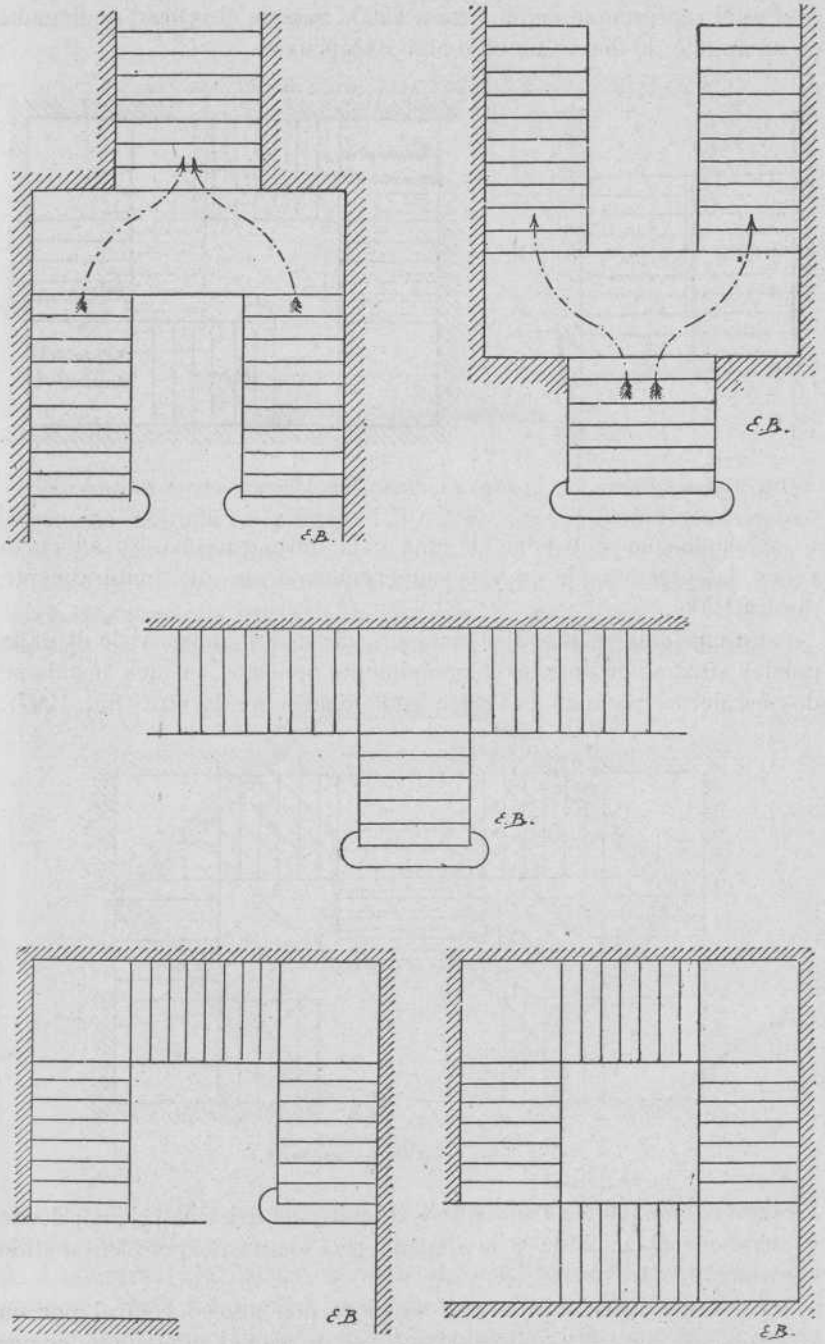
Una escalera de vuelta en escuadra, de tramos dobles, se representa en la figura 1203. Como en las precedentes, el tramo medio debe ser más ancho.

Una escalera con varios cambios de dirección y compuesta solamente de tramos rectos debe imprescindiblemente tener descansillos.



Figs. 1199 y 1200. — Escaleras.

Nuestro ejemplo (fig. 1204) es una escalera compuesta de dos tramos paralelos y de uno transversal con rellanos cuadrados en los cambios de dirección. Gracias a la amplitud y planta regular del ojo, es muy favorable a la instalación de un ascensor.



Figs. 1201 a 1205. — Escaleras.

Otro ejemplo, de cuatro tramos paralelos dos a dos y cuatro rellanos, es el representado en la figura 1205. Supone el rellano de llegada en un ángulo, lo que es un caso algo excepcional.

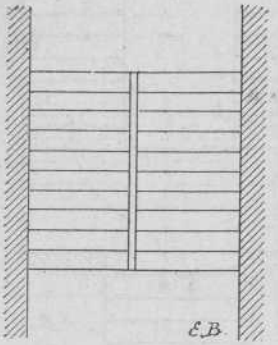


Fig. 1206. — Escalera.

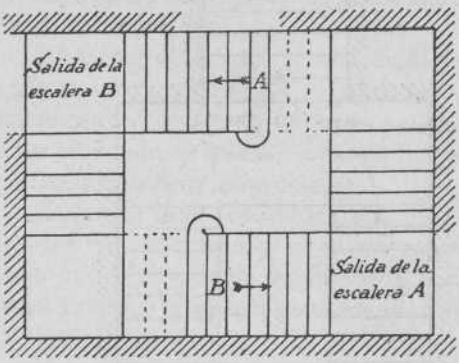


Fig. 1207. — Escalera doble.

Cuando sólo se dispone de una caja muy estrecha, se adopta a veces la escalera de zancas superpuestas, sin ojo, naturalmente (figura 1206).

En una caja rectangular amplia, cuando los rellanos de llegada pueden situarse en ángulos diagonalmente opuestos, pueden instalarse dos escaleras, pasando en parte cada una sobre la otra (fig. 1207).

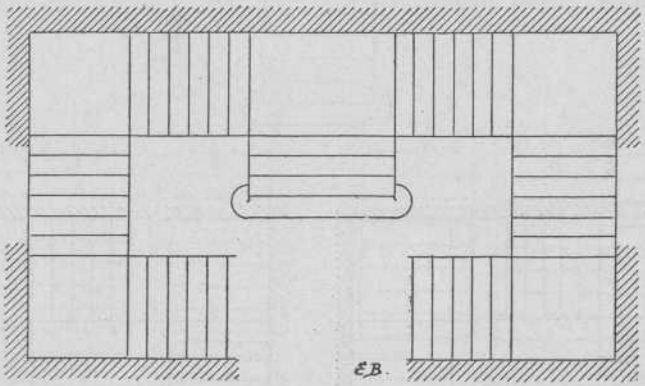


Fig. 1208. — Escalera compuesta.

Desde el arranque *A* se suben tres tramos y se llega al rellano; desde el arranque *B* la subida y la llegada son idénticas, pero en sentido contrario.

La figura 1208 muestra una escalera con acceso central por un tramo ancho que sirve a otros dos grupos de tramos interrumpidos por descansillos.

De la misma especie es la escalera, figura 1209, en la que los dos tramos de acceso vienen a unirse a un tramo central más ancho.

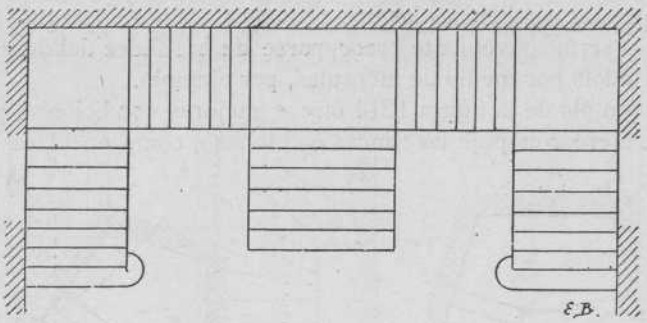


Fig. 1209. — Escalera compuesta.

En una caja de escalera de forma exagonal, se puede emplear la disposición indicada en la figura 1210, con tramo principal en el centro y laterales más estrechos.

La forma trapecial que ofrece la caja de la figura 1211 está destinada a contener una escalera de servicio de escaso ancho. El hueco que deja esta escalera puede utilizarse para un montacargas, para lo

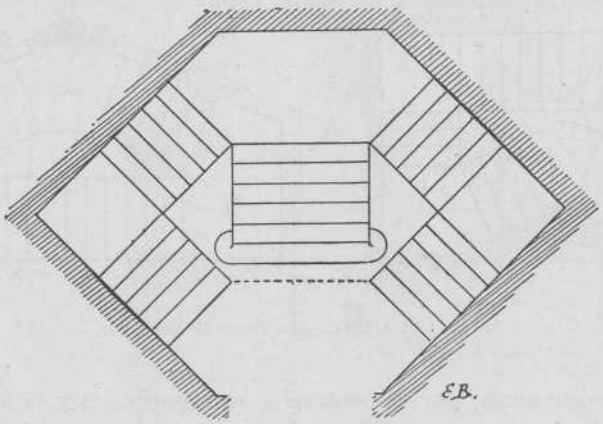


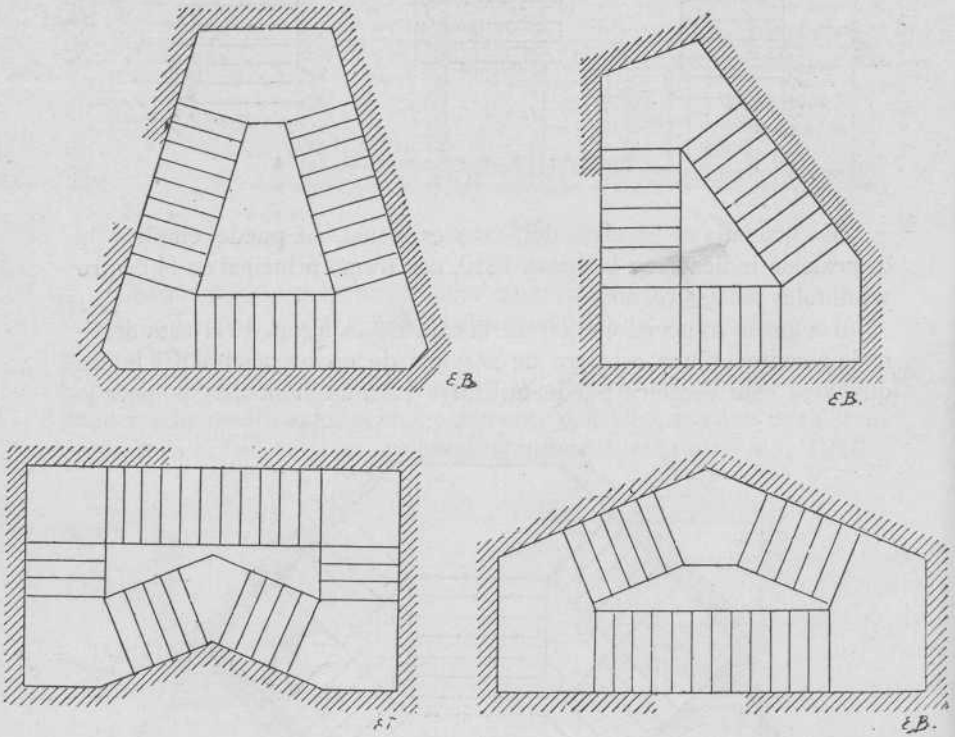
Fig. 1210. — Caja exagonal.

cual basta encontrar un descanso de descarga, modificando la disposición de los escalones.

La figura 1212 es una variante de esta forma. Suprimiendo el *rayado* en parte del muro, hemos querido solamente recordar la necesidad de dar paso a la luz; en cuanto a la posición de la ventana, sólo puede fijarse con arreglo al plano de la construcción.

Aunque hayamos escogido formas de cajas más bien difíciles de utilizar, se las encontrará aún más desfavorables en la práctica. En la figura 1213, la escalera, que se amolda a la forma de la caja, tiene en bastante malas condiciones los dos pequeños tramos en ángulo obtuso, y creemos sería conveniente preocuparse de la solidez del descansillo, consolidándolo por medio de ménsulas, por ejemplo.

El ejemplo de la figura 1214 ofrece mejores condiciones, pues en lugar de ejercer empuje las zancas en el vacío, como en el caso ante-



Figs. 1211 a 1214. – Escaleras de servicio.

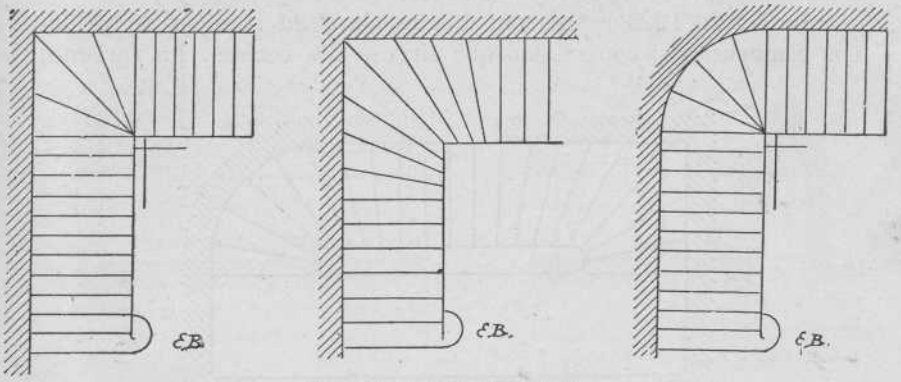
rior, se encuentran, por el contrario, bien entibadas y su forma quebrada no les hace perder solidez.

Las escaleras que acabamos de ver son todas de peldaños de ancho constante; veremos ahora las de peldaños irregulares o compensados.

La figura 1215 es una escalera sin compensar con peldaños en el ángulo: es una mala disposición que daría un resalto de zanca igual a la altura de cinco escalones. Debe aconsejarse, por tanto, compensar los escalones bastante lejos del rincón, como indicamos en la figura 1216.

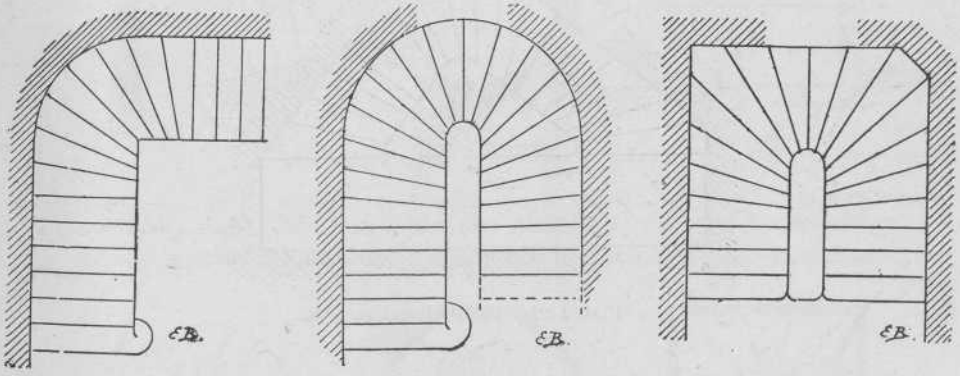
La figura 1217 no difiere de la 1215 más que por el muro redondeado en el rincón, y presenta los mismos inconvenientes; la figura 1218 muestra cómo deben trazarse los peldaños.

La forma de escalera que presentamos en la figura 1219 es la más empleada en las casas de alquiler. Debe dejarse el mayor hueco



Figs. 1215 a 1217. — Escaleras.

posible entre las dos zancas, de manera que los collares de los escalones compensados no sean demasiado exiguos. Cuando la anchura de la caja lo permite, este hueco puede servir para alojar un ascensor.



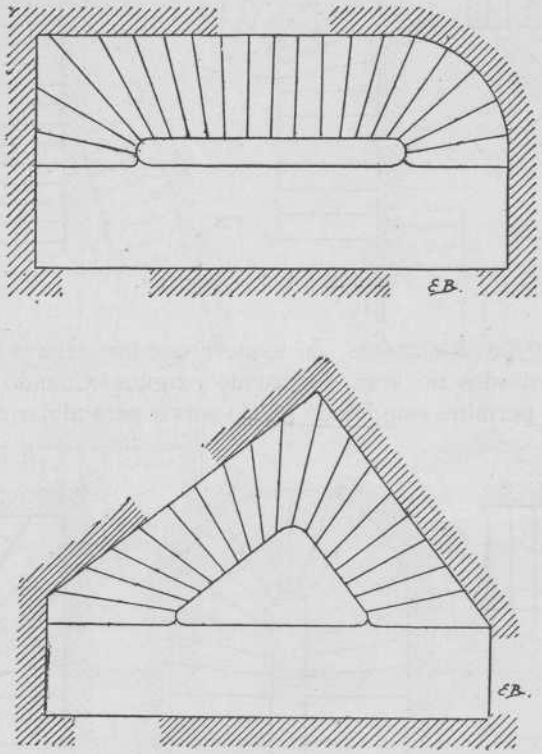
Figs. 1218 a 1220. – Escaleras compensadas.

Los rincones de la caja no siempre son redondeados, sino en ángulo recto o en chaflán, como en la figura 1220, que, aparte esta diferencia de forma en la caja, es semejante a la que precede. No obstante, se observará que con esta disposición, los escalones compensados tendrán todos largos diferentes y estarán cortados según la forma de la caja.

A veces se construyen escaleras en las que el rellano ocupa toda la longitud de la caja, que tiene un ángulo recto y uno redondeado (figura 1221). Esta disposición es útil sobre todo cuando se tienen varias entradas de cuartos en el mismo rellano.

El mismo procedimiento ha sido empleado en la figura 1222, aunque la caja es de una forma distinta.

La figura 1223 representa una escalera de servicio de peldaños compensados, con rellano que sirve a dos cocinas. La variante,



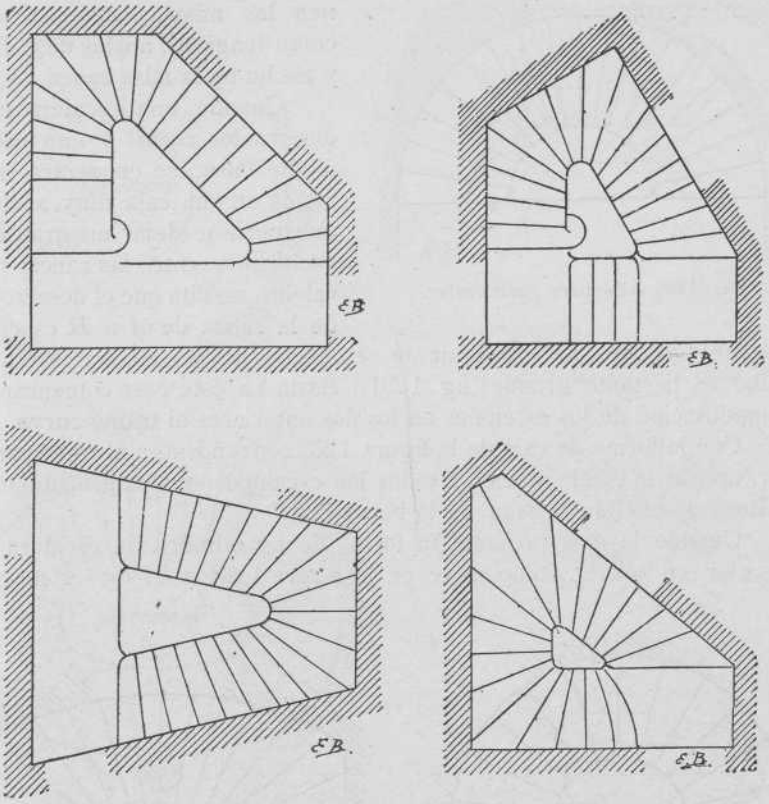
Figs. 1221 y 1222. — Escaleras.

figura 1224, puede ser empleada cuando con la misma escalera se quieren servir departamentos situados a alturas distintas.

La escalera representada en la figura 1225 sirve también dos cuartos. Por último, la figura 1226 es una escalera en la cual ha sido preciso recurrir a escalones curvos para poder enlazarlos a la zanca y mantener, sin embargo, una huella suficiente.

Una escalera puede estar contenida en una torre y ser redonda, como en la figura 1227. Entonces es de hélice y debe establecerse con arreglo a normas que daremos más adelante.

La forma octogonal (fig. 1228) puede convenir también para alojar una escalera. Por último, hay también escaleras en hélice con planta



Figs. 1223 a 1226. — Escaleras de servicio.

cuadrada (fig. 1229). En estas dos últimas se ve que los escalones no son iguales, lo que complica un poco el trabajo y aumenta el gasto.



Figs. 1227 a 1229. — Escaleras en hélice.

En la escalera semicircular (fig. 1230), todos los peldaños irradian del centro del arco. Si la escalera tiene más de un metro de ancho, se

traza la línea de huella a 0,50 m. de la barandilla, se fija el número de escalones sobre esta línea y se les hace concurrir en el centro. En esta escalera, todos los peldaños tienen las mismas dimensiones, como longitud, ancho de collar y ancho en la falsa zanca.

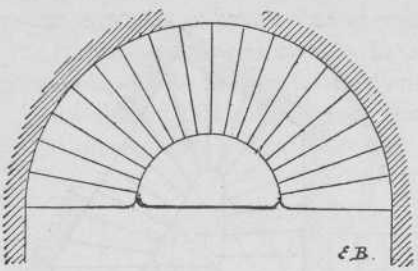
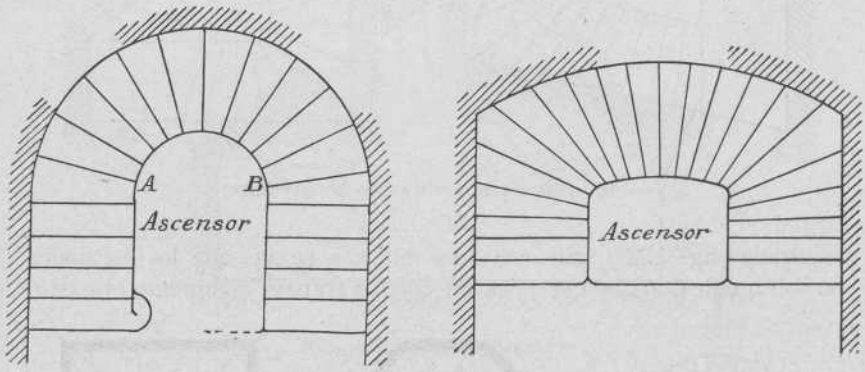


Fig. 1230. — Escalera semicircular.

Cuando una escalera con dos tramos rectos y uno intermedio curvo se encuentra instalada en una caja muy ancha, que permite dejar un gran espacio libre entre las zancas paralelas, resulta que el desarrollo de la zanca de *A* a *B* es considerable y que, por consiguiente, el ancho de los escalones en el collar es bastante grande (fig. 1231). Basta en este caso comenzar la compensación de los escalones en los dos anteriores al tramo curvo.

Con la forma de caja de la figura 1232 convendría, a nuestro parecer, aplicar la compensación a todos los escalones, y siempre situando la línea de huella a 0,50 m. de la barandilla.

Cuando la caja presenta la forma de un cilindro, la escalera es circular (en hélice), como se ve en la figura 1233, y el ojo es mayor



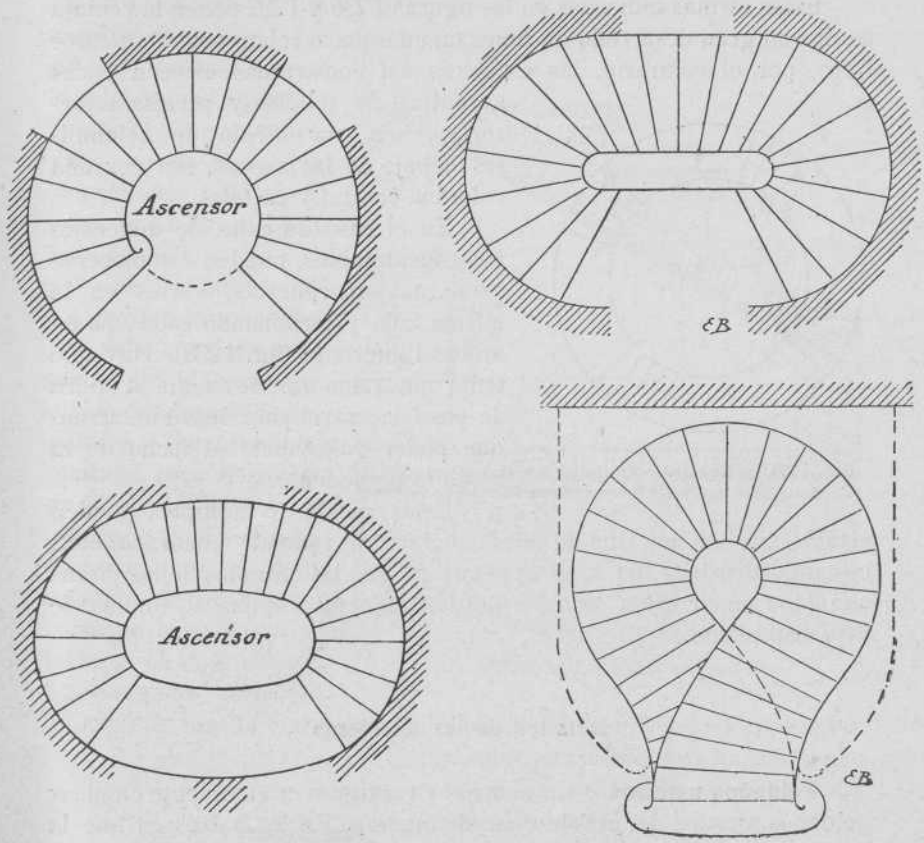
Figs. 1231 y 1232. — Escaleras.

o menor, según el diámetro de la caja. Aun en este caso, todos los peldaños son semejantes y concurren al centro del círculo.

Si la caja está formada por dos hemiciclos unidos por una parte recta, como en la figura 1234, todos los escalones deben ser compensados.

Si la caja tiene forma elíptica, como la indicada en la figura 1235, seguiremos el mismo método y se compensarán todos los peldaños,

procurando, para la buena distribución de los collares, no producir deformaciones en la zanca.



Figs. 1233 a 1236. — Escaleras curvas.

En los ejemplos de las figuras 1230, 1231, 1232, 1233 y 1235, puede ser utilizado el ojo para instalar un ascensor, cuyo servicio se verificaría por los rellanos que a él dieran acceso.

La figura 1236 nos ofrece una escalera con dos zancas, aislada y cuyos arranque y llegada van situados uno sobre otro. Esta especie de escaleras no puede emplearse más que cuando la altura de los pisos es suficiente para dar una buena altura de paso.

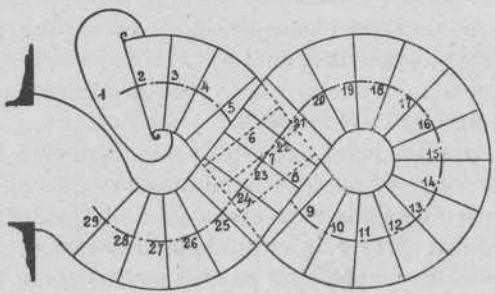


Fig. 1237. — Escalera en forma de ocho.

La forma de ocho, representada en la figura 1237, implica las mismas preocupaciones en cuanto a la altura de paso.

Estas formas indicadas en las figuras 1236 y 1237 tienen la ventaja de dar un gran desarrollo de zanca en un espacio relativamente escaso. Pero, por el contrario, las escaleras así construídas ofrecen pocas garantías de solidez y precisa reforzarlas, sea por medio de columnitas debajo de las zancas, sea por una columna central y cartelas.

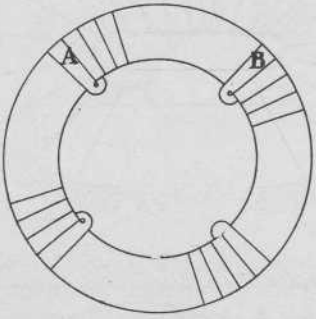


Fig. 1238. – Escaleras múltiples.

En el caso de cajas de dimensiones considerables, pueden establecerse escaleras superpuestas, varias en la misma caja y terminando cada una en un local diferente (fig. 1238). Hay que tener naturalmente en cuenta la altura de paso necesaria para desde un arranque poder pasar bajo el techo de la escalera precedente.

Estas escaleras múltiples pueden establecerse en una caja de forma cualquiera, redonda, cuadrada, etc., bastando disponer del local necesario y que las entradas de las piezas que debe servir estén situadas de una manera propicia al empleo de esta disposición.

Detalles de las escaleras

Peldaños macizos.—En tiempos ya antiguos era frecuente emplear peldaños sacados de un solo trozo de madera. En los países en que la madera es abundante y de precio poco elevado, se hacen todavía escaleras de peldaños macizos.

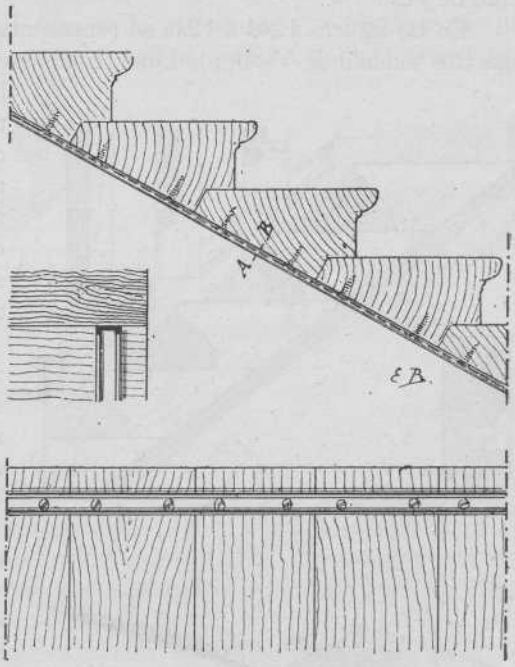
La sección de un escalón macizo es absolutamente la misma que la de un escalón de piedra, salvo la diferencia del material. Cada uno de los peldaños se apoya en el que precede por una junta horizontal que varía de 3 a 4 cm., y después por una superficie perpendicular al techo raso y que presenta sensiblemente la misma altura (figuras 1239 a 1241).

Se admite que estos peldaños tienen menos propensión a torcerse y viciarse que los compuestos de varias piezas ensambladas; es posible, pero depende evidentemente de la madera, de su calidad, de la época de su corte y de su grado de desecación.

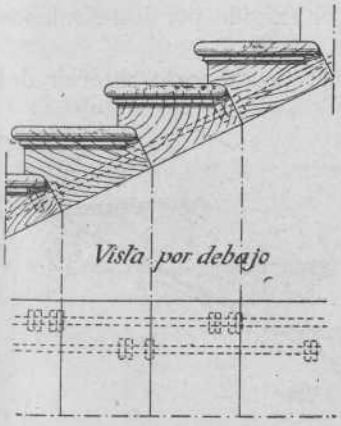
Estos peldaños pueden formar por sí solos el techo raso y también hacer innecesaria la zanca en bastantes casos, como los peldaños de piedra aparejada. No obstante, si se tiene en cuenta el juego que no deja de producirse por la contracción de la madera al secarse, veremos

que no puede tratarse la madera como se haría con la piedra y que es prudente enlazar entre sí los escalones por un medio cualquiera. En nuestro ejemplo hemos empleado una brida de hierro ⊔, que se representa en la vista por debajo (fig. 1241) y en corte en la figura 1240, sección *A B*.

Pueden quedar estos peldaños aparentes por debajo y formar el techo, con la única condición de que estén acepillados. Aconsejamos también, para disimular en lo posible la hendedura que fatalmente ha de producirse, poner un junquillo de cubrejunta, como se hace para los tableros de cuarterones o artesonados formados de tablitas machihembradas. También puede emplearse francamente un cubrejuntas moldurado sobre uno solo de los dos escalones, cuya junta queda así oculta, sin impedir el juego de ambas maderas.



Figs. 1239 a 1241. — Peldaños macizos.



Figs. 1242 y 1243. — Peldaños macizos.

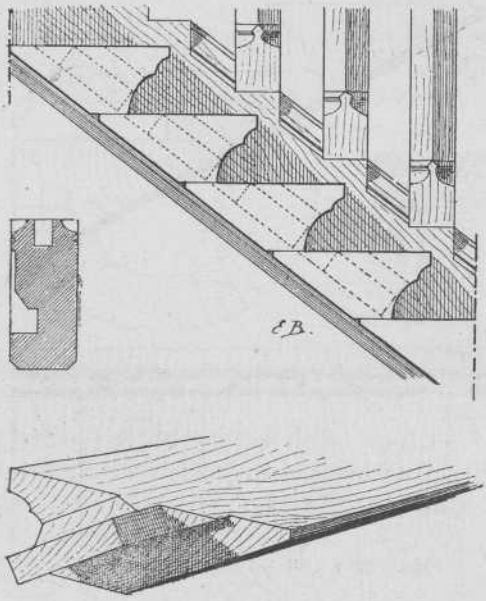
El ensamble de peldaños macizos se hace también por medio de pernos, como se muestra en las figuras 1242 y 1243; estos pernos van alternados, para no darles longitud excesiva.

A veces se sustituyen los pernos por varillas apretadas con clavijas, pero esto exige más precisión en el trabajo, y creemos debe preferirse el empleo de los pernos.

Las escaleras de peldaños macizos pueden llevar techo raso. En este caso se deja en bruto por la parte inferior la madera de los escalones y se regulariza por un enlatado provisto

de clavos de barquilla para conseguir una buena adherencia del enlucido de yeso.

En las figuras 1244 a 1246 se representa un ejemplo de escalones macizos tomado de Viollet-le-Duc. Estos escalones van ensamblados a las zancas por sus dos extremos mediante la espiga que indicamos en la figura 1246 y que penetra en una mortaja practicada en la zanca, cuya sección se representa en la figura 1245.



Figs. 1244 a 1246. — Peldaños macizos.

Este procedimiento es mejor que el de empotrar en el muro el extremo de los escalones macizos, como si se tratara de peldaños de piedra, pues la madera no es imputrescible y, además, el empotramiento sucesivo de los peldaños debilita el muro.

Peldaños mixtos.—La necesidad de la economía ha obligado a buscar medios para hacer peldaños con un volumen de madera menor que el exigido por los escalones macizos. Vamos a ver algunos resultados.

Con una madera de 15 × 15 para formar la parte anterior del peldaño y el resto relleno de mampostería o forjado de cascote y yesones, recubiertos por losetas (figura 1247). Colocados los peldaños en su sitio, se clavaba el enlatado y se forjaba el prisma triangular *abc*, como hemos dicho.

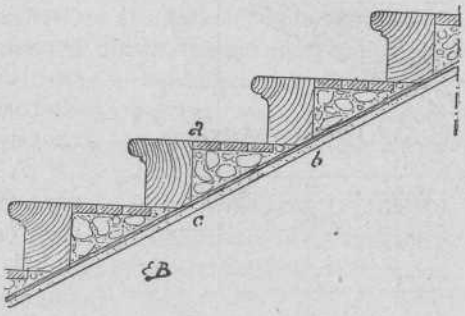
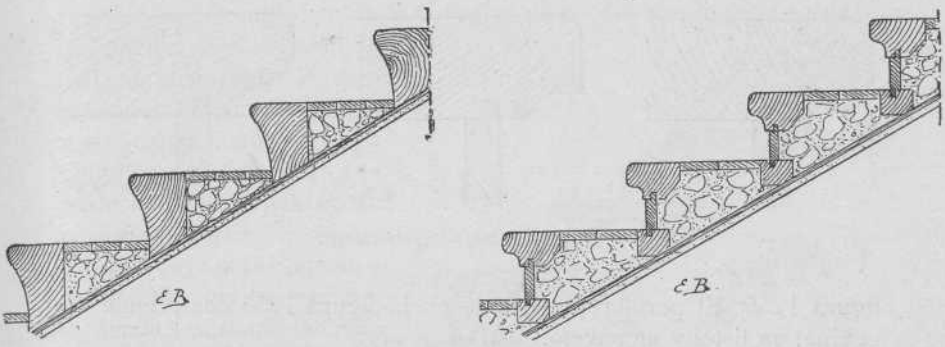


Fig. 1247. — Peldaños de madera y mampostería.

Del mismo estilo, pero obligando al empleo de maderas de mayor altura, es la combinación de la figura 1248. Las maderas llevaban por abajo la misma inclinación que el techo raso, lo que permite clavar mejor el enlatado. Como en el

caso anterior, el triángulo que queda se forja y se cubre con losetas o baldosas.

Por último, y siempre buscando la economía, se ha tratado de hacer los escalones con menos madera aún, y se ha llegado al empleo



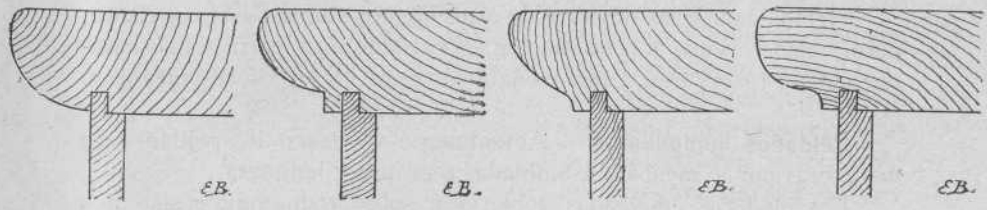
Figs. 1248 y 1249. — Peldaños de madera y mampostería.

de una contrahuella baja ensamblada a ranura y lengüeta a las dos piezas distintas que componen el peldaño (fig. 1249). El resto del peldaño es una huella de baldosas, que reposa en el forjado, y un enlatado para el techo raso, como anteriormente.

Estas escaleras de peldaños mixtos se empleaban mucho antiguamente, y sólo se ven ya en las casas antiguas.

Mampirlanes. — El encuentro de la huella horizontal con el plano vertical de contrahuella se llama *mampirlán,* y esta arista se prolonga casi siempre, formando un saliente, que es el único sitio de un peldaño susceptible de ser decorado por medio de una moldura.

Los peldaños, según su largo, se hacen con maderas de 3,4 a 5,4 cm., y el saliente sobre la contrahuella es de 3 a 4,5 cm. A este saliente se



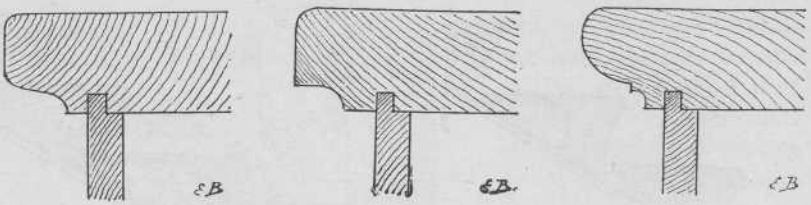
Figs. 1250 a 1253. — Mampirlanes.

le redondean a veces las esquinas solamente, y otras veces se hacen mampirlanes moldurados con más o menos complicación de perfiles.

El mampirlán de la figura 1250 presenta solamente un equino. El de la figura 1251 se obtiene con un cuarto bocel y un listel. En la

figura 1252 se forma la moldura con un talón irregular y matando la arista superior. Los mismos elementos intervienen en la figura 1253.

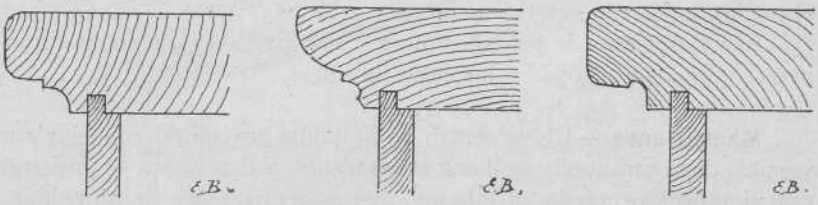
El perfil de la figura 1254 se compone de una esquina redondeada, una tabla y un talón. Con esquina matada, tabla y caveto, se obtiene la



Figs. 1254 a 1256. — Mampirlanes.

figura 1255. El perfil representado en la figura 1256 comprende un equino, un listel y un caveto.

El mampirlán de la figura 1257 está compuesto de una tabla de frente con sus aristas redondeadas, un listel y un caveto. La figura 1258 representa un perfil más complicado, pues se compone de un cuarto bocel, un listel, una escocia y un listel inclinado. Nada tenemos que



Figs. 1257 a 1259. — Mampirlanes.

decir del mampirlán de la figura 1259, en el que se ve una especie de goterón, cuya utilidad no está muy clara.

Hemos dado a las maderas de estos ejemplos un espesor constante, pero, como veremos a continuación, es variable. Los perfiles más complicados se reservarán, como es natural, para los espesores mayores.

Peldaños compuestos. — Actualmente se hacen los peldaños de dos piezas por lo menos, ensambladas a ranura y lengüeta.

Las maderas empleadas deben ser sobre todo muy resistentes al desgaste por rozamiento, de modo que no se excaven por el reiterado tránsito, y su espesor suele ser, según la importancia de la escalera, 3,4, 4,1 ó 5,4 cm. Las contrahuellas, que no son, como las huellas, susceptibles de desgaste, pueden hacerse de maderas blandas y tener un espesor de 1,8 a 2,7 cm. Pero debe preferirse la encina.

Se llama *peldaño recto* el que tiene el mismo ancho en toda su longitud y está cortado a escuadra por ambas testas; *peldaño trapecial,* aquel cuyo mampirlán corta oblicuamente a la línea de huella; *peldaño sesgado,* el de ancho uniforme con las testas cortadas oblicuamente; *peldaño radial,* el que irradia del centro, como en la escalera circular regular, por ejemplo; *peldaño curvo,* el de bordes curvilíneos; *peldaño de rincón* es el escalón radial más largo, entre los compensados, en cada ángulo de una escalera cuadrada o rectangular; el anterior y el posterior se llaman de *medio rincón; peldaño en rampa* es aquel cuya superficie no es horizontal, sino ligeramente inclinada; *peldaño moldurado,* el que tiene el mampirlán provisto de un perfil o moldura; *contramoldurado,* el de una escalera con zanca de cremallera, en que la moldura del mampirlán continúa por la testa aparente; *escalón de arranque,* el primero o inicial de una escalera, que casi siempre es de piedra; *escalones* o *peldaños de invitación* son los tres o cuatro primeros escalones de menor contrahuella o altura, que se ponen a veces en el arranque de una escalera, seguidos casi siempre de un descansillo.

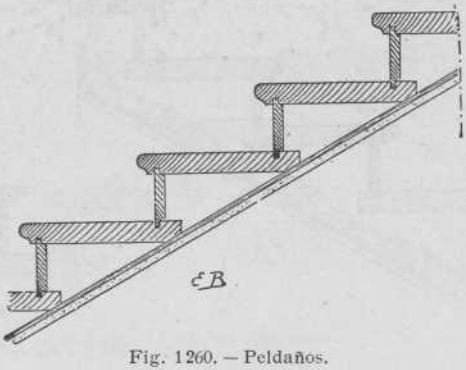


Fig. 1260. — Peldaños.

El peldaño más sencillo está compuesto (fig. 1260) de la huella, que es horizontal, y de la contrahuella, vertical, ensambladas estas dos piezas a ranura y lengüeta. Las contrahuellas llevan las lengüetas y las huellas las ranuras. El techo raso más económico se obtiene por medio de un enlatado clavado a los escalones y enlucido después con yeso blanco.

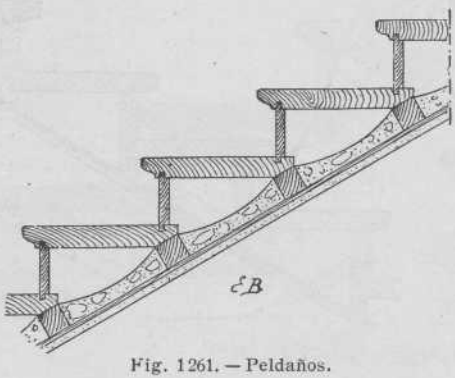


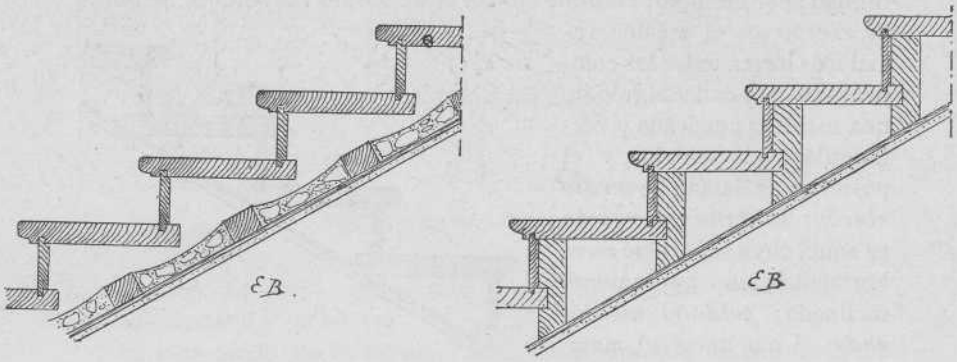
Fig. 1261. — Peldaños.

Algunas veces, va el techo sobre ristreles, clavados en contacto con los peldaños y cuya cara inferior está situada a unos 5 ó 6 cm. sobre la parte inferior de la zanca. Estos ristreles reciben las latas, espaciadas en una distancia igual a su ancho, y después se forja entre los ristreles y se enluce (fig. 1261).

Otro procedimiento, con escalones de la misma construcción, consiste en aislar por completo el techo por medio de traviesas, indicadas

en la figura 1262 y que van colocadas sensiblemente en el centro del peldaño y a la misma distancia del borde inferior de la zanca; se enlata, se forja y se enluce, como anteriormente.

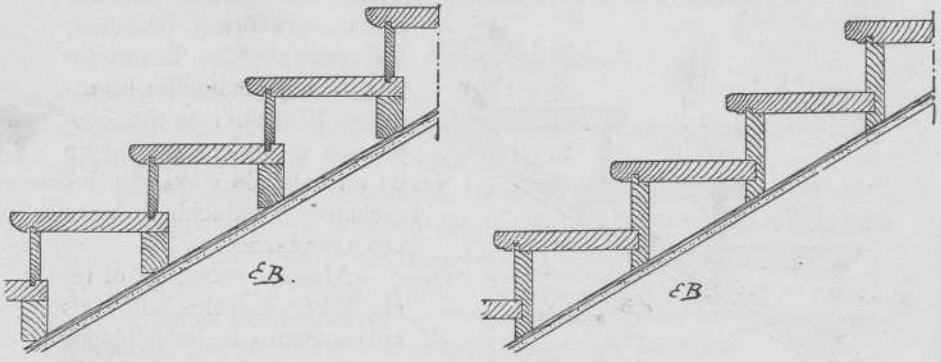
Cuando se trata de un trabajo muy cuidadoso, puede emplearse el procedimiento indicado en la figura 1263, en el cual, antes de colocar



Figs. 1262 y 1263. — Peldaños.

los peldaños, se montan verdaderas viguetas guarnecidas de clavos de barquilla para que agarre el forjado y enlatadas por debajo para recibir el enlucido del techo. Esta manera de proceder da una escalera muy robusta y ofrece la ventaja de poder servir de escalera provisional durante la ejecución de los trabajos.

Una reducción de este procedimiento se representa en la figura 1264, que aporta también su contribución a la solidez de



Figs. 1264 y 1265. — Peldaños.

la escalera. Los durmientes pueden ser colocados, enlatados y recibir el forjado, antes de poner los peldaños, como en el ejemplo precedente.

Puede utilizarse también la contrahuella para soportar directamente el techo, como hemos indicado en la figura 1265, pero no puede

utilizarse como escalera provisional, porque las lengüetas se estropearían pronto.

Peldaños aparentes por debajo. — Una escalera con peldaños aparentes por debajo puede ser al mismo tiempo más decorativa y más económica, pues basta pulir las maderas e introducir algunas molduras, para obtener un efecto muy satisfactorio.

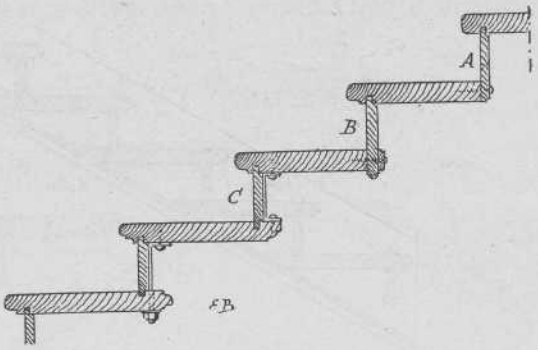


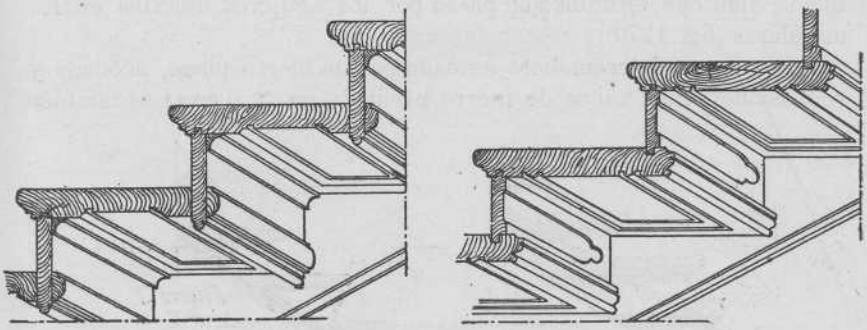
Fig. 1266. — Peldaños aparentes.

En estas escaleras, las huellas y contrahuellas tienen dos paramentos.

En la figura 1266, que representa peldaños compuestos de dos piezas, hemos variado los medios de consolidación que pueden ser necesarios, principalmente en trabajos ligeros.

En el primer peldaño, ensamblado a ranura y lengüeta, en caso de flexión, podría separarse la huella de la contrahuella. Para evitarlo, se ha colocado en medio del largo un perno terminado en una pequeña escuadra, que hace solidarias las dos huellas y la contrahuella.

El peldaño que viene en seguida, y que representamos por la letra *C*, está consolidado por una doble escuadra colocada igualmente



Figs. 1267 y 1268. — Escalones aparentes.

en el centro. En los otros escalones, *A* y *B*, las contrahuellas impiden la flexión del borde posterior de las huellas, al que van atornilladas.

El herramental perfeccionado de que hoy se dispone permite hacer en las superficies continuas rebajes moldurados que, a condición de repetirse cierto número de veces, no son muy costosos (figs. 1267 y 1268).

La figura 1269 representa una escalera cuyos escalones están formados también de dos piezas, ensambladas en zancas a la francesa, o sea entrando en ranuras practicadas en éstas, o bien apoyadas en zan-

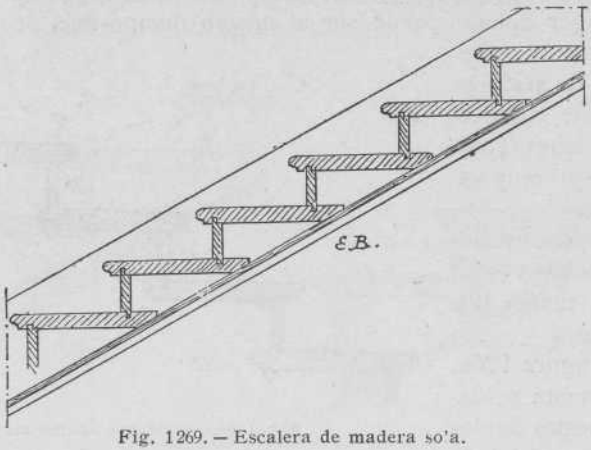
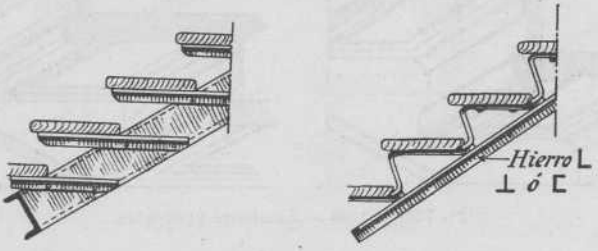


Fig. 1269. — Escalera de madera so'a.

cas a la inglesa, recortadas en cremallera. En nuestro ejemplo, las contrahuellas van embutidas en las huellas de arriba y de abajo. La parte inferior lleva un cielorraso de tablas machihembradas, no llevando forjado, aunque tampoco los peldaños son aparentes por debajo.

Escalones de madera y hierro.—Las escaleras de fábricas y, en general, las puramente industriales, pueden hacerse remachando angulares sobre una zanca metálica y poniendo sobre ellos tablas de huella que se fijan con tornillos que pasan por los agujeros abiertos en los angulares (fig. 1270).

El sistema de cremallera formada por un hierro plano, acodado y remachado a una zanca de hierro perfilado en ⌶ ó en ⊔ es también



Figs. 1270 y 1271. — Peldaños de madera y hierro.

muy sencillo y puede tener aplicación en los mismos casos que el precedente. Como se ve en la figura 1271, el montaje de los escalones se hace igualmente por debajo por medio de tornillos.

Sobre una zanca de palastro, cortada en cremallera, pueden montarse peldaños mediante angulares que se remachan a aquélla (figura 1272). Esta disposición permite el empleo de la contrahuella de madera, como se ve a la izquierda de nuestro dibujo.

La misma escalera puede hacerse con contrahuellas de palastro, bordeadas o no por angulares. En el primer caso, indicado a

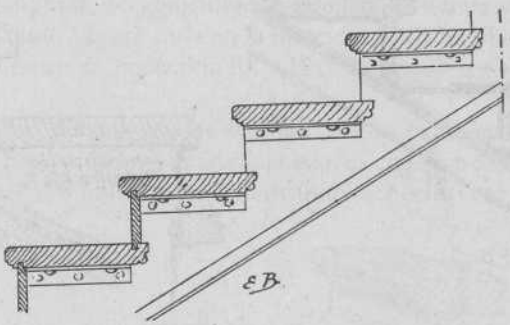


Fig. 1272. — Peldaños de madera y hierro.

la izquierda (fig. 1273) las contrahuellas van sujetas verticalmente por angulares; en el segundo caso, las contrahuellas, unidas a la zanca con escuadras, penetran en ranuras practicadas en las huellas.

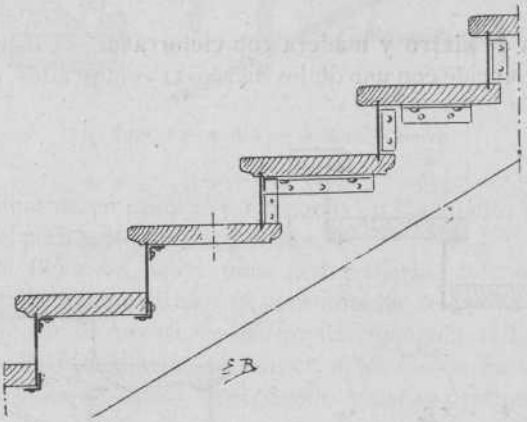
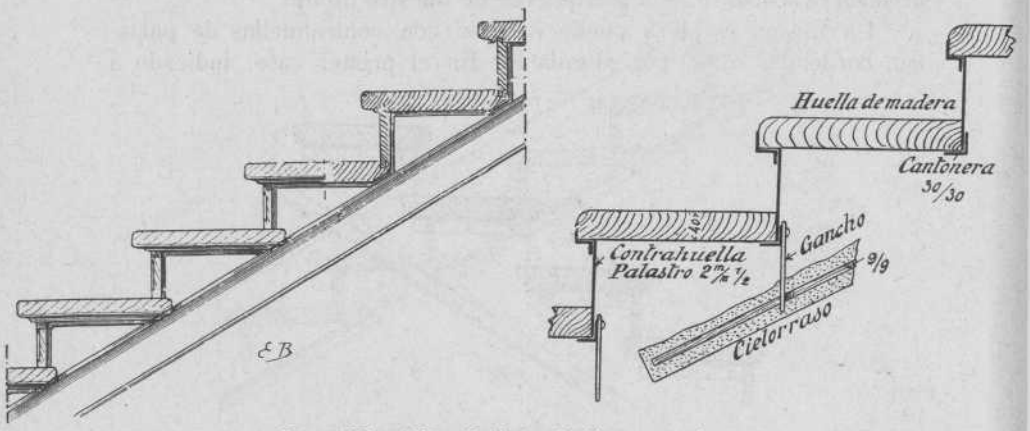


Fig. 1273. — Peldaños de hierro y madera.

Otro género de escalera con cremallera, formada por un hierro plano acodado y montado a tornillo sobre una zanca de hierro perfilado, se representa en la figura 1274. Conforme indicamos en la parte izquierda del dibujo, los escalones pueden ser perfilados y contraperfilados por una testa, con un ligero chaflán recortado en la extremidad de la contrahuella.

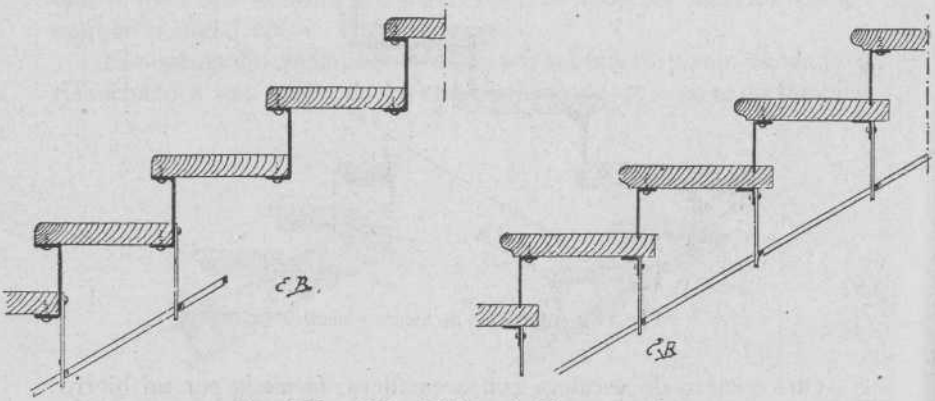
Pueden también hacerse contrahuellas metálicas, en palastro de 3 a 3,5 mm., bordeadas por debajo con una cantonera y por arriba con un hierro **Z** de ángulos rectos, o simplemente con un angular



Figs. 1274 y 1275. — Peldaños de hierro y madera.

(figura 1275). Colocado el peldaño, se atornilla por debajo. Este género de escalera puede emplearse ya sobre zancas, a las cuales se ensamblan con escuadras las contrahuellas, ya entre muros, y entonces las contrahuellas van empotradas por cada extremo.

Peldaños de hierro y madera con cielorraso. — Cuando la altura del peldaño coincide con uno de los hierros ⊔ comerciales, el de 16 cm.,



Figs. 1276 y 1277. — Peldaños de hierro y madera.

por ejemplo, pueden hacerse las contrahuellas con este perfil ensambladas o empotradas por sus extremos, o también entre una zanca y un muro (fig. 1276). El modo de colocar estos escalones es muy sencillo,

bastando fijarlos por debajo con ayuda de un tornillo que pasa por las alas del hierro ⊔.

Para el cielorraso se suspenden de la contrahuella ganchos acodillados para sostener los cuadradillos.

Con grandes angulares de lados desiguales como contrahuellas y una cantonera bajo la huella, se obtiene la combinación de la figura 1277. El angular de contrahuella soporta la huella superior y penetra en una ranura practicada en la inferior. Cada huella se encuentra, pues, cogida entre la contrahuella y la cantonera inferior, y no puede flexar.

Los ganchos de suspensión se fijan a esta cantonera, por lo que habrá de ser bastante fuerte para soportar el cielorraso.

La figura 1278 muestra una contrahuella hecha sencillamente con

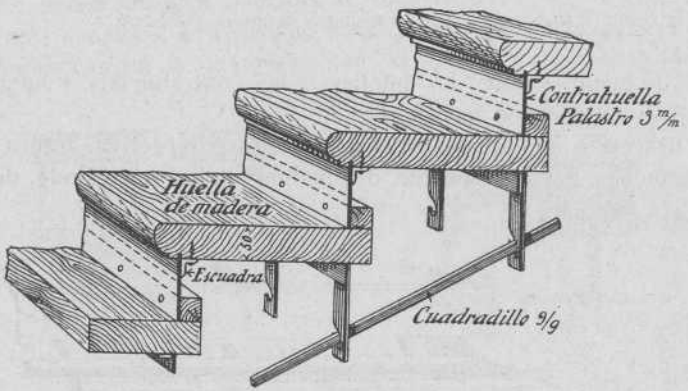


Fig. 1278. — Peldaños de madera y hierro.

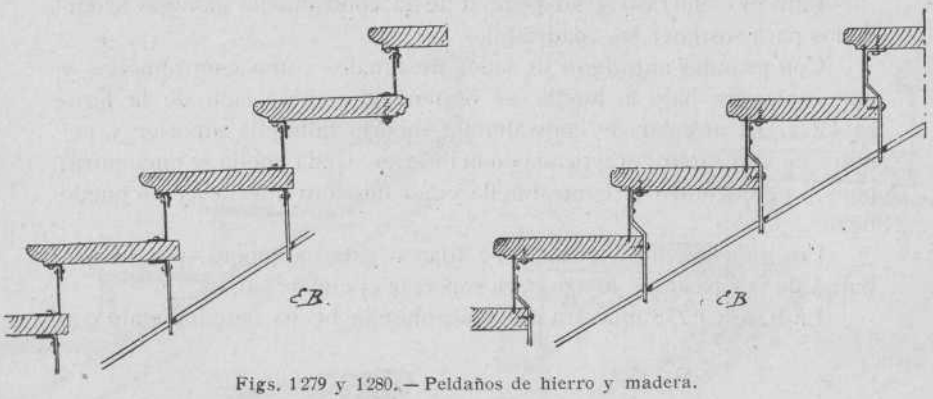
una chapa embutida en ranuras practicadas en las huellas y un angular bajo la huella, para sostener los ganchos.

La huella lleva un listón para poder fijarla. Se pone primeramente una huella con su listón; la contrahuella se apoya contra éste y se introduce en la ranura de la huella, fijándola al listón con un tornillo; la huella inmediatamente superior se coloca haciendo entrar en su ranura la contrahuella precedente, y así se continúa montando peldaños.

Con contrahuellas de angulares de lados desiguales bordeadas por arriba por una cantonera y con otra cantonera bajo la huella para sostener los ganchos de suspensión, tendremos la escalera representada en la figura 1279, en la que las tablas de huella están sujetas entre los angulares de contrahuella y de bajo la huella.

Los peldaños que damos en las figuras 1276 a 1279 son desmontables.

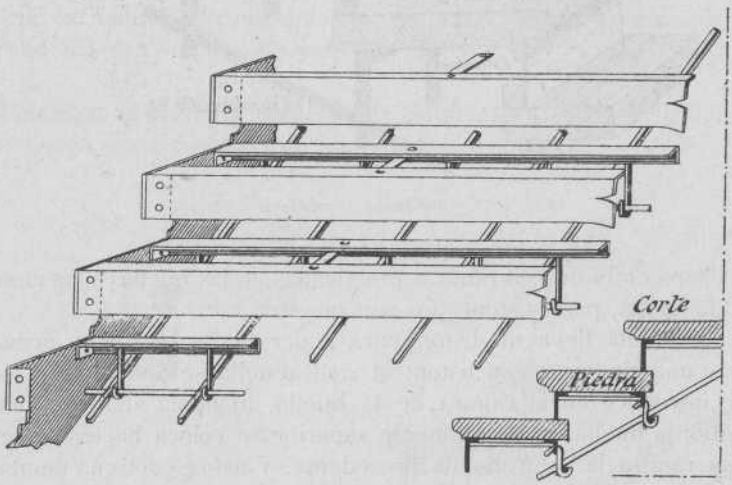
La figura 1280 presenta una forma de ensamble que utiliza los ganchos de suspensión del cielorraso, varias veces acodados y que, por



Figs. 1279 y 1280. — Peldaños de hierro y madera.

medio de tornillos, unen las huellas a las contrahuellas, y luego descienden a sostener los cuadradillos.

Ofrecemos un ejemplo en el croquis en perspectiva, figura 1281. Los ganchos pueden hacerse de un hierro plano o redondo, doblado



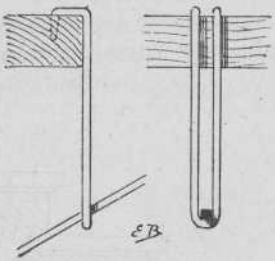
Figs. 1281 y 1282. — Suspensión de cielorraso.

para darle la forma conveniente. En la figura 1282 lo representamos en vista lateral.

Se hacen algunas veces los ganchos de hierro redondo o cuadrado de 7 a 9 mm., según la resistencia necesaria. Entonces van acodados, como representamos en las figuras 1283 y 1284, y el cuadradillo reposa en la parte inferior, en la horquilla preparada para

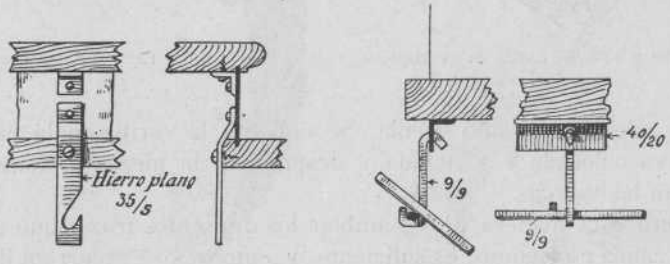
recibirlo. El enhebrado de un cuadradillo ofrece más dificultades que con el gancho.

Cuando se quiere fijar la huella con ayuda del gancho, se hace éste de hierro plano, taladrado, punzonado y acodado, según se indica en las figuras 1285 y 1286. Entonces se fija sobre la huella y después a la contrahuella, como hemos visto en la figura 1280, o solamente sobre la contrahuella, según nuestro dibujo, y después por dos codos en sentido contrario, viene a fijarse a la huella por medio de un tornillo, para descender en seguida al sitio en que sostiene el cuadradillo.



Figs. 1283 y 1284.
Ganchos de suspensión.

Se hacen también ganchos de suspensión más sencillos, con gancho en cada extremo (figs. 1287 y 1288). Se enganchan en la cantonera bajo la huella, y por abajo sostienen



Figs. 1285 a 1288. — Ganchos de suspensión.

un cuadradillo transversal sobre el que se apoyan los cuadradillos longitudinales.

Zancas de madera en cremallera. — La zanca, en general, es la parte de una escalera que recibe los peldaños por el lado del ojo y sobre la cual se pone la barandilla.

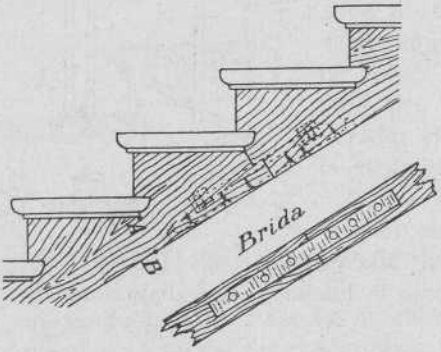
La zanca de cremallera, que se llama también *zanca a la inglesa,* es seguramente la que se emplea con más frecuencia. Se obtiene de una madera de 6 a 12 cm. de espesor, según el ancho de la escalera y la altura del piso; la altura de la pieza debe ser suficiente para dejar siempre una distancia mínima de 12 cm. desde la entalladura más profunda de la cremallera a la cara inferior inclinada, es decir, de *A* a *B,* en nuestra figura 1289; esta sección de *A* a *B* alcanza en algunas escaleras hasta 20 cm. de altura.

La cara superior de la zanca está recortada en forma de redientes en ángulo recto, sobre cuyos lados, horizontal y vertical, se fijan las

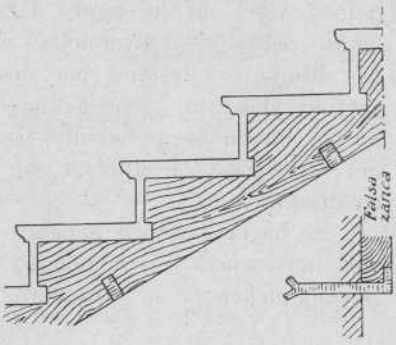
huellas y las contrahuellas, ya simplemente por medio de clavos o bien por escuadras metálicas puestas por debajo.

En las partes rectas, la pieza de madera puede ser larga, pero a condición de no presentar defectos de ninguna clase.

Cuando hay una junta se hace como indica nuestra figura 1289, abriendo cajas donde se introducen tuercas que se aprietan sobre las



Figs. 1289 y 1290. — Zanca de cremallera.



Figs. 1291 y 1292. — Falsa cremallera.

puntas roscadas de una varilla. Se enhebra la varilla en la parte de zanca ya colocada y sostenida y después en la pieza siguiente y se aprietan las tuercas.

Pero esta manera de ensamblar los diferentes trozos que componen la zanca no siempre es suficiente, y entonces se recurre a la brida de talones que se pone embutida en la cara inferior y se fija con fuertes tornillos, como indicamos en la figura 1290, que muestra la zanca vista por debajo y provista de la brida.

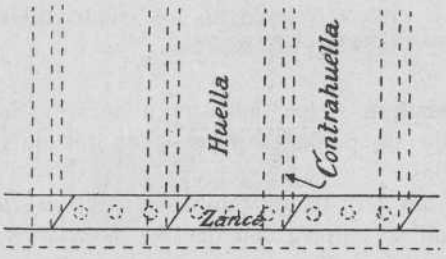


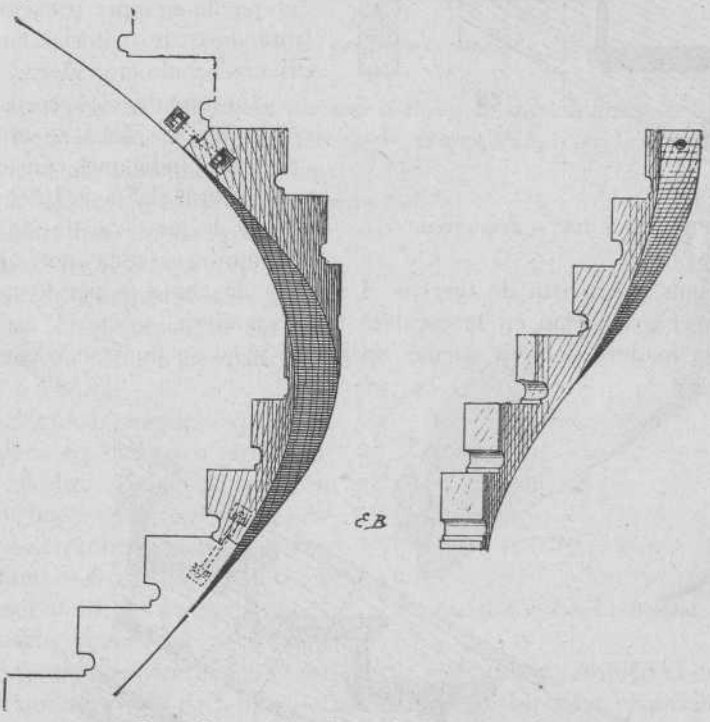
Fig. 1293.—Ensamble de contrahuellas a la zanca.

Por el lado opuesto a la zanca, el escalón puede ir empotrado, pero es preferible para su conservación hacerle reposar sobre una falsa cremallera que se fija al muro con canecillos de hierro (figs. 1291 y 1292). Esta falsa cremallera no necesita ensamblarse, y se puede hacer de tantos trozos como se quiera, puesto que puede ir sostenida por canecillos en los puntos necesarios. La figura 1292 muestra una sección por un canecillo.

La contrahuella, cortada en pico de flauta, se ensambla a inglete a la zanca, y para esto se cortan los dientes con cierta oblicuidad, igual-

mente en pico de flauta. La junta de estas dos piezas se disimula perfectamente y su solidez se asegura con algunas puntas muy finas que se clavan en la contrahuella y penetran en la zanca (fig. 1293).

En los tramos en vuelta, si se suponen iguales los collares y la parte compensada trazada según un arco de círculo, puede decirse que la zanca afecta la forma helicoidal. La labra de esta forma de zanca es una operación muy delicada y muy laboriosa, como trazado



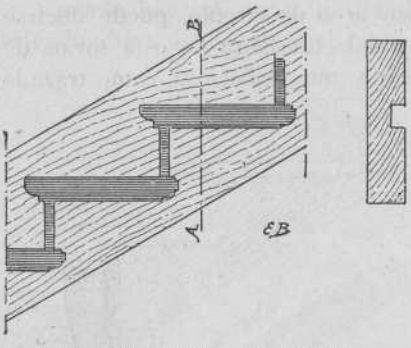
Figs. 1294 y 1295. — Zanca de tramo en vuelta.

y como ejecución, y ya no se practica mucho actualmente, pues el hierro ha sustituído casi por entero a la madera en la confección de las zancas.

Nuestras figuras 1294 y 1295 representan una zanca de esta clase vista de frente y de lado.

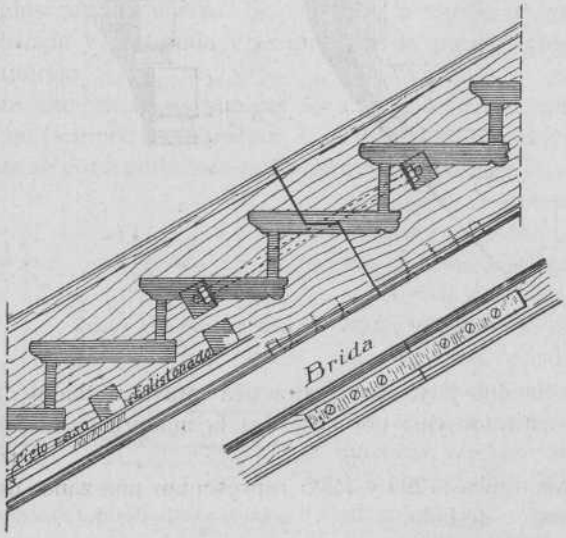
Zancas rectas. — En la zanca recta, la cara superior y la inferior son paralelas y las esquinas molduradas o no. Los peldaños, en lugar de descansar sobre la zanca, como en la escalera de cremallera, van embutidos en ella, penetrando en mortajas que presentan el perfil de las huellas y de las contrahuellas (figs. 1296 y 1297). La figura 1297, sección *AB*, muestra la entrada en la zanca.

Como estas cajas son generalmente poco profundas, se arriostra de trecho en trecho la zanca con el muro de caja, o las zancas entre sí, si hay dos, por medio de varillas roscadas que afianzan los peldaños y les impiden salirse de sus mortajas, como podría ocurrir si no se tomara esta precaución, a consecuencia de una deformación de la zanca libre, cosa que puede siempre presentarse tratándose de material tan caprichoso como la madera.



Figs. 1296 y 1297. – Zanca recta.

La unión de los trozos que componen la zanca se efectúa conforme indicamos en nuestras figuras 1298 y 1299, con ayuda de una varilla de 2 a 2,5 mm., roscada por ambos extremos y provista de tuercas. La brida de abajo es por lo menos tan necesaria como en la escalera de cremallera, y en el caso de que la madera debiera quedar aparente, y no se pudiese recurrir a



Figs. 1298 y 1299. – Empalme de zancas.

la pintura, basta embutir un poco más la brida y recubrirla con una chapa de veta y espejuelo semejantes a los de la madera de la zanca.

La figura 1299 muestra la brida vista por debajo. Para el empalme se emplea casi siempre, además del corte, la ensambladura

de caja y espiga doble, como indicamos en la figura 1300. En ella se ve también la varilla o perno y la brida atornillada y con talones.

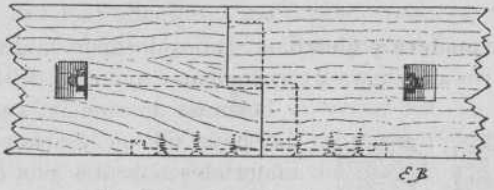


Fig. 1300. — Empalme de zancas.

En los tramos en vuelta, la zanca tiene la misma forma helicoidal que hemos visto para las zancas de cremallera, con la única diferencia de la falta de redientes. En la figura 1301 indicamos en los extremos de la pieza las cajas y espigas que contribuyen al empalme y se oponen a todo desplazamiento de las piezas, ya sea en sentido vertical o lateral.

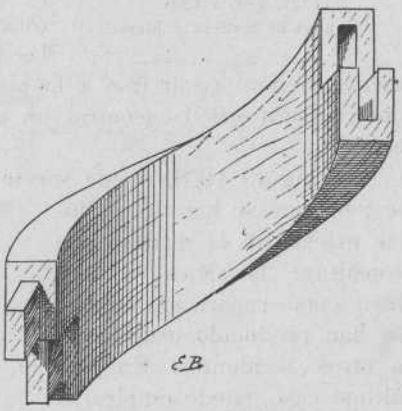
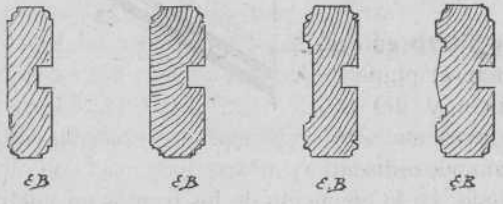


Fig. 1301. — Zanca helicoidal.

Según la importancia de la escalera en cuanto a su ancho y a la altura de pisos, la zanca puede hacerse de una madera de sección rectangular de espesor variable de 8 a 16 cm., o más. El espesor debe ser tanto más considerable, cuanto que es preciso casi siempre encontrar sitio para labrar molduras y también el emplazamiento necesario para fijar los balaustres que soportan el pasamano.



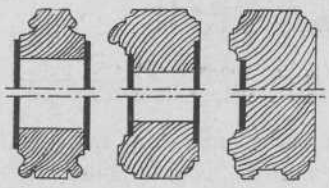
Figs. 1302 a 1305. — Secciones de zancas.

En las figuras 1302 a 1305 se dan algunos ejemplos de distintas secciones de zancas.

La altura, que puede variar de 28 a 40 cm. y más, no puede determinarse más que en el estudio de ejecución de la escalera. Variará

según que la escalera sea aparente o con cielorraso; a consecuencia de la altura y el ancho de los peldaños y por todas las restantes causas que pueden obligar a modificar la altura.

Zancas de madera y hierro. — Si consideramos la dificultad que se tiene en nuestros días para proporcionarse madera de buena calidad y hermosa apariencia, se comprenderá que haya sido necesario reemplazar los materiales ausentes por combinaciones capaces de dar buenos resultados.



Figs. 1306 a 1308.
Zancas de madera y hierro.

Con maderas de pequeña escuadría y dos carrilleras de chapa sólidamente atornilladas, y hasta con una chapa simplemente adaptada, se pueden obtener zancas muy resistentes, como se ve en las figuras 1306 a 1308. Desgraciadamente, deberá recurrirse a la pintura para la parte metálica, aunque creemos difícil encontrar un tono propicio para armonizar con el conjunto.

La figura 1308, puede servir de solución en dos casos: cuando se tema que se han de producir grietas en la madera que constituye la zanca y también, como reparación cuando se han producido estas rajas u otros accidentes. En este último caso, puede emplearse chapa delgada, atornillada y pintada.

La figura 1309 muestra en elevación la sección de la figura 1308.

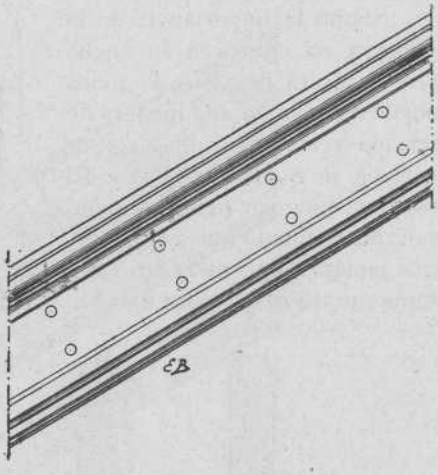


Fig. 1309. — Zanca de madera y hierro.

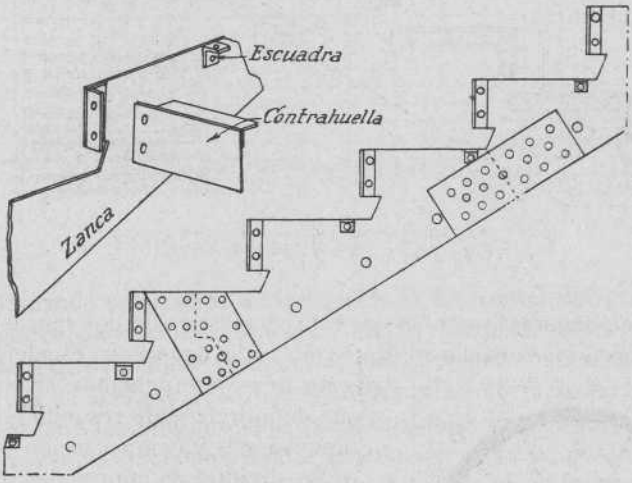
Zancas de hierro en cremallera. — Desde el punto de vista del trazado y del trabajo, el hierro presenta sobre la madera ventajas indiscutibles y, sobre todo, en la ejecución de los tramos en vuelta es donde se manifiestan de una manera absoluta.

Para ejecutar una zanca metálica, se traza enteramente desarrollada y se cizallan los redientes, si se trata de una cremallera; para una zanca recta, o *a la francesa,* no hay que ocuparse sino del ensamble de los peldaños; para los tramos en vuelta, no hay más que curvar la chapa, *arrollarla.*

Nuestras figuras 1310 y 1311 muestran una zanca de cremallera en la que se han recortado los redientes destinados a recibir los peldaños.

Para fijar las contrahuellas, basta una cantonera de la misma altura, remachada a la zanca, y las huellas quedan sujetas por pequeñas escuadras. La contrahuella, de chapa de 3 mm., lleva en su parte superior un angular, que se sustituye a veces por dos escuadritas; sobre ella se atornilla la huella. Nuestro croquis en perspectiva, figura 1310, muestra estas disposiciones: la contrahuella no está colocada, sino próxima a su emplazamiento.

Los ensambles de trozos de zanca pueden efectuarse en un punto cualquiera, como muestra la figura 1311; estos empalmes son muy sen-



Figs. 1310 y 1311. – Zanca de hierro.

cillos y se componen solamente de cubrejuntas remachados que dan la misma solidez que cualquiera de las partes llenas.

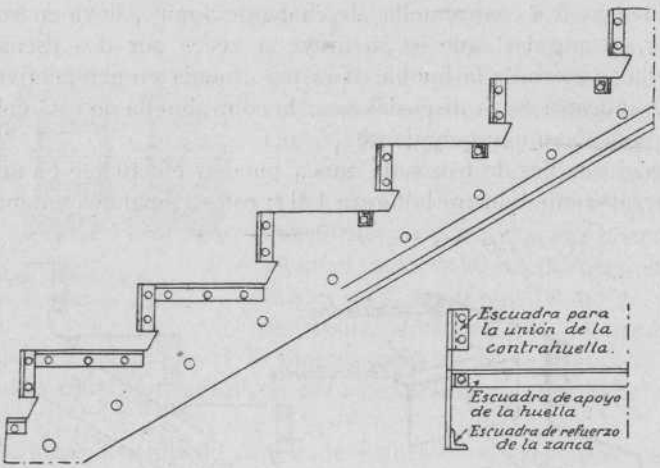
Se puede dar a las zancas metálicas toda la solidez que se desee, ya sea aumentando su espesor, ya reforzándolas por un angular en la orilla inferior (figs. 1312 y 1313).

La barandilla puede ser muy sólida, porque pueden fijarse los barrotes de cuello de cisne, o de pezón, por medio de tuercas atornilladas por el interior.

Para una escalera ordinaria, que no pase de 1,10 m. de ancho, y para 3 m. de altura o distancia vertical entre suelos, el espesor de la chapa debe ser de 9 mm., y basta dejar, como mínimo, 13 cm. de altura en la sección de la zanca por su parte más débil, es decir, entre el ángulo entrante del rediente y la cara inferior de la zanca.

El estudio de una zanca metálica se hace con la mayor facilidad. Daremos un trazado completo.

Tomemos como ejemplo la escalera representada en planta en la figura 1314, compuesta de dos tramos rectos y uno en vuelta que los



Figs. 1312 y 1313. – Zanca de hierro.

enlaza. Supongamos también que esta escalera es de dos zancas, lo que será un pretexto para dar el diseño de cada una. Esta escalera, compuesta de veinte peldaños, se considera como definitivamente resuelta en cuanto a dimensiones y compensación de éstos.

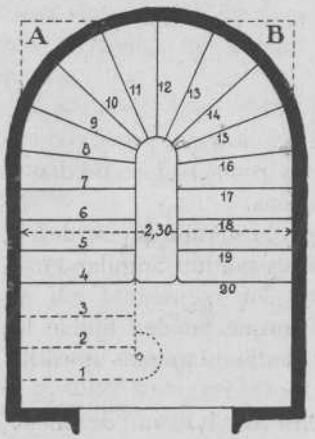


Fig. 1314. — Planta de escalera.

Se dividirá la altura que hay que subir en tantas partes como escalones se han previsto, y se numerarán estas divisiones 1, 2, 3, 4, etc.; después, con el compás, o mejor aún con una cinta de acero, se tomarán sobre la planta los distintos anchos de las huellas en la zanca, y estas distancias se marcarán en la línea de base, numerándolas; después se levantan perpendiculares a esta línea en cada punto que representa un escalón, y las intersecciones de las líneas horizontales y verticales que llevan el mismo número darán los vértices de cada rediente (fig. 1315). Se hará entonces el recortado de cada peldaño, y después, con una abertura de 13 cm., como mínimo, se trazarán, haciendo centro en la parte más profunda del recorte, pequeños

arcos cuyos puntos de tangencia unidos entre sí formarán una línea quebrada, la cual se suavizará formando una curva continua, que será la línea inferior de la zanca.

La zanca interior se traza exactamente de la misma manera. Para no originar confusión en nuestro dibujo, hemos trazado esta

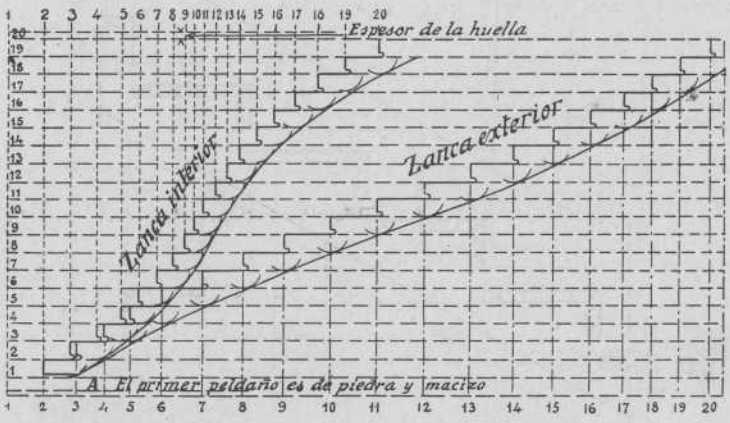


Fig. 1315. — Diagrama de zancas.

zanca tomando como línea de referencia la horizontal del primer piso.

Pueden darse a una zanca de hierro diferentes secciones: puede ser toda lisa, perfilada o compuesta con cantoneras o molduras, como indicamos en las figuras 1316 a 1321. Nada impide tampoco emplear el hierro I para las zancas rectas, como cualquier otro perfil.

No obstante, debemos llamar la atención sobre un punto que tiene su importancia. Se principia por poner la zanca en su lugar y después



Figs. 1316 a 1321. — Secciones de zancas de hierro.

van los peldaños. Esto va bien cuando no hay más que una zanca, pero en el caso de dos zancas de hierro I, por ejemplo, sería muy difícil llevar los peldaños a su sitio. La dificultad es variable, desde luego, con las circunstancias, y hemos querido simplemente llamar la atención sobre esta dificultad posible, que vale más prever desde el principio del estudio.

Los peldaños se unen a la zanca por medio de cantoneras remachadas a ésta y sobre las que luego se apoyan las huellas y se aplican verticalmente las contrahuellas (fig. 1322).

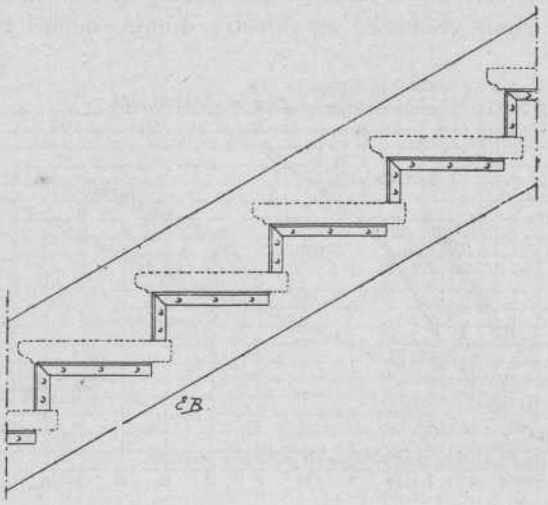


Fig. 1322. — Zanca de hierro.

Rellanos de madera.—Se da el nombre de rellano a una plataforma que se deja de trecho en trecho y, particularmente, en cada piso, en el recorrido de una escalera. Los rellanos que dan acceso a los pisos con los cuales están a nivel se llaman *rellanos principales*. Sus dimensiones varían con la importancia de la escalera y la magnitud de la caja; su forma varía con la de la misma caja. Deben ser al menos del mismo ancho que la escalera, pero conviene, siempre que sea posible, aumentar este ancho para dar paso fácil a las personas y a los muebles.

Los rellanos intermedios, que interrumpen la escalera cuando el número de escalones es demasiado grande para subirlo de una vez sin fatiga, o que forman los ángulos entre los tramos rectos que cambian de dirección, se llaman rellanos de descanso o *descansillos*. Los rellanos de descanso tienen en ambos sentidos el mismo ancho que la escalera. En cuanto a su forma, está influída por la de la caja, según que los muros estén en ángulo recto, agudo u obtuso, o en forma redondeada, como se ha podido ver en las figuras 1207 a 1214 y 1224 a 1226.

No siempre se puede dar al descansillo una dimensión igual en los dos sentidos al ancho de la escalera, pero hay que darle el ancho mínimo de tres huellas de las adoptadas para los peldaños.

La pieza principal de un rellano o descanso de llegada es una viga empotrada por sus extremos y sobre la cual se ensamblan las zancas por un lado y el suelo del rellano por el otro (fig. 1323).

Esta pieza, que puede formar al mismo tiempo la huella del último

peldaño, debe tener dimensiones suficientes para soportar la carga resultante del rellano, solería, viguetas, forjado, cielorraso y sobrecarga; además, en su centro, el peso que producen las dos zancas,

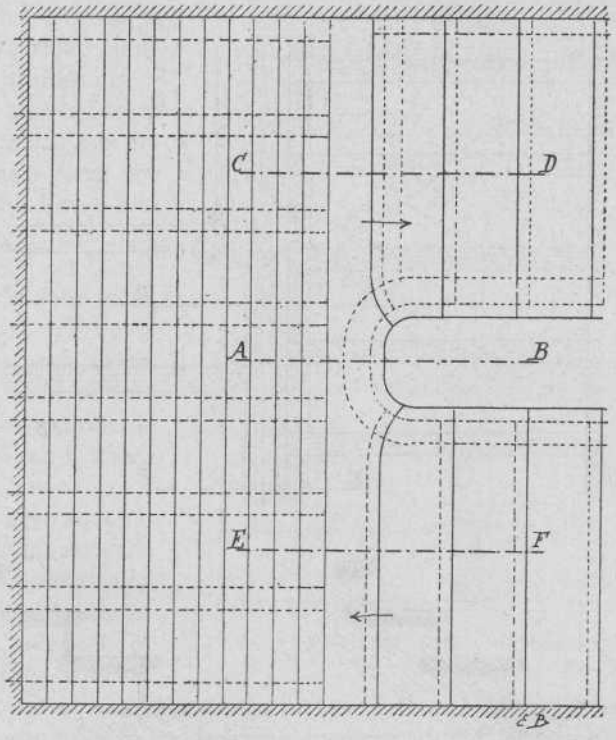


Fig. 1323. — Rellano principal.

compuesto del peso muerto de los materiales y de la sobrecarga debida a la circulación de personas y de objetos pesados por la escalera.

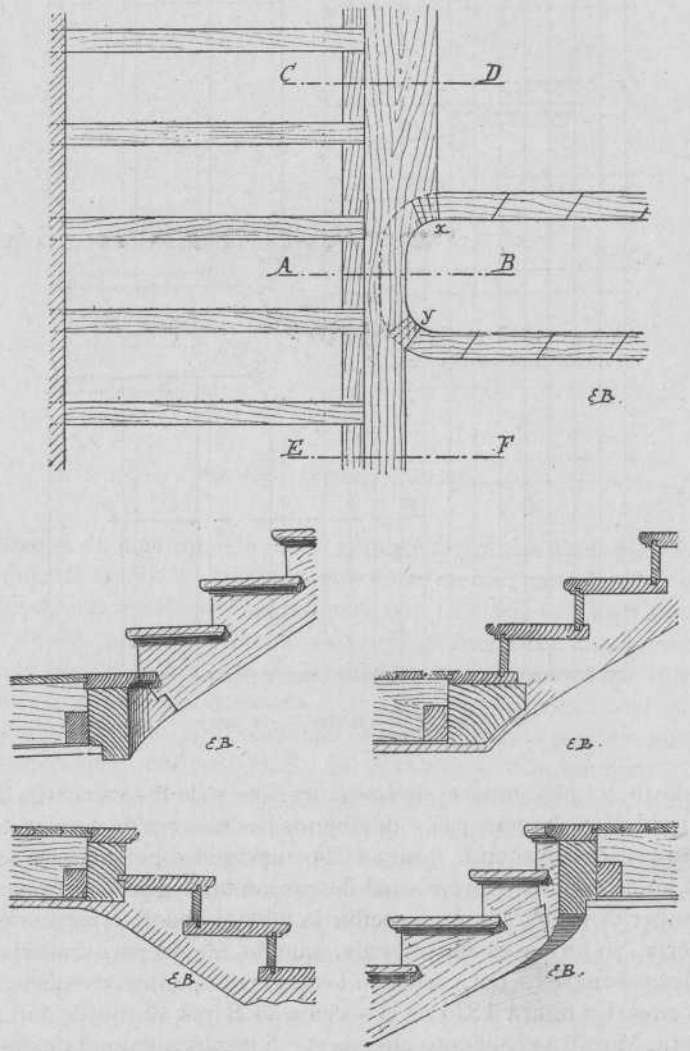
La presentamos en la figura 1324, suprimidos peldaños y solería. Llevà un durmiente sobre el cual descansan las viguetas y presenta su cara superior preparada para recibir la tabla de huella que enrasa con la solería. Su forma es tan movida, que lo mejor para hacerla comprender creemos es dar cortes en los diversos puntos en que cambia su sección. La figura 1325 es la sección *A B* por el eje de la caja de escalera. Muestra el saliente que sucede a la zanca bajo el descanso, el ensamble de las viguetas y el de la zanca superior. El saliente no existe más que de *x* a *y* (fig. 1324) y según se ve en las figuras 1325 y 1328.

La figura 1326 da el corte *C D* hecho por el centro de la subida al piso superior; en este punto es donde el ancho de la jácena del descanso es más considerable.

La figura 1327 representa el corte *E F*, hecho por el medio del

tramo inferior, y muestra la sección más reducida. En estas secciones, figuras 1326 y 1327, la jácena está recubierta por el cielorraso de yeso.

La figura 1328 muestra la sección *B A* (*A B* en sentido contrario), lo que permite representar la junta de la zanca con la viga.



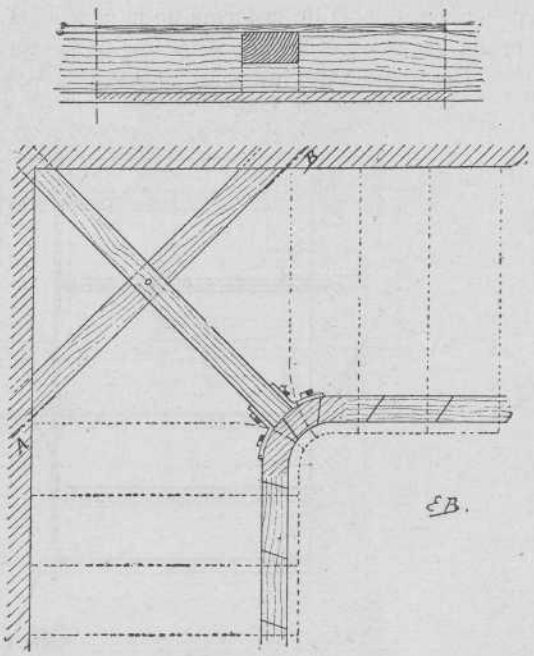
Figs. 1324 a 1328. — Viga de rellano y secciones.

El descansillo, que forma rincón, sirve para enlazar dos tramos de una escalera cuyas direcciones forman un ángulo.

Estos descansillos, que sostienen las zancas, se construyen por el sistema llamado de *báscula,* en el que una traviesa de madera, em-

potrada en los muros *A* y *B*, lleva en su centro una *palanca* empotrada en el rincón y que se ensambla a la zanca para sostenerla (figuras 1329 y 1330).

Conviene encorvar algo hacia arriba la palanca, porque tiene siempre tendencia a doblarse bajo la carga. Además, como está debilitada esta pieza por la ensambladura a media madera (fig. 1330, corte *A B*) con la traviesa, se la debe guarnecer por arriba y abajo con una fuerte brida en toda su longitud. El ensamble de la palanca con la zanca se hace a veces a caja y espiga, pero aquí hemos empleado para ello escuadras sujetas con ocho tornillos pasantes.



Figs. 1329 y 1330. — Descansillo.

Para sostener el entarimado y el techo, se clavan ristreles sobre las dos piezas cruzadas (la palanca y la báscula), colocándolos de manera que queden paralelos a los muros.

Rellanos de madera y hierro. — La construcción empleando metal es preferible para los descansillos, porque puede emplearse el sistema de báscula que acabamos de ver, pero sirviéndose para la traviesa y la palanca de perfiles de acero, que dan más seguridad que la madera.

Pero también, y esto es preferible, puede no emplearse la báscula, continuando simplemente la zanca hasta el muro, donde va empotrada (figura 1331). La otra zanca también se continúa del mismo modo, ensamblada con escuadras y haciendo de contrahuella del primer peldaño.

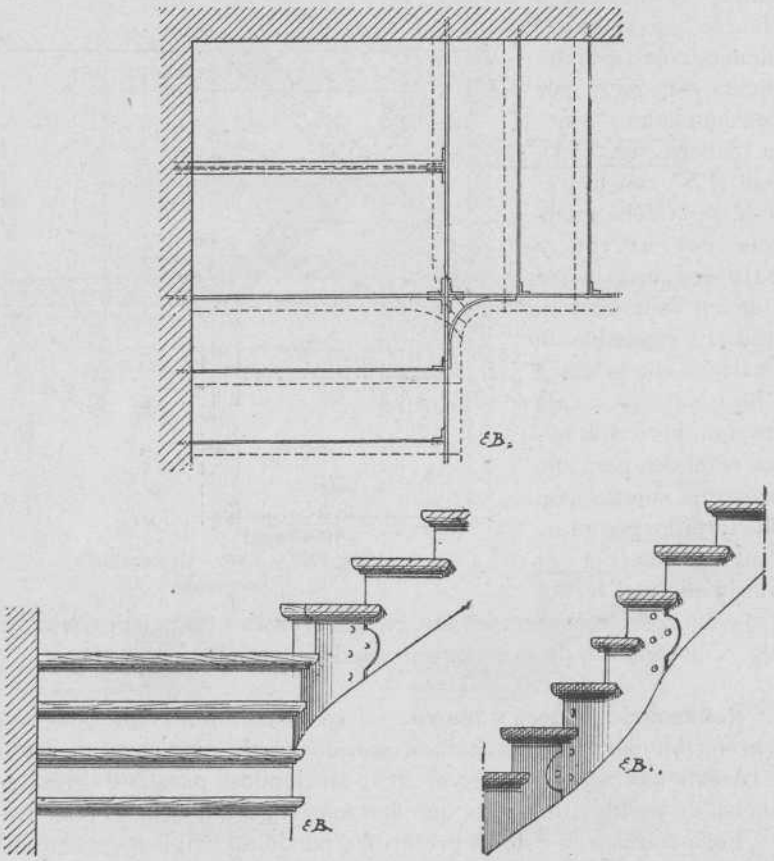
La única dificultad es la forma redondeada que hay costumbre de dar al ángulo formado por las zancas, pero esto se arregla fácilmente añadiendo una pieza curvada que se ve en elevación en la figura 1332 y que representamos vista desde la bisectriz en la figura 1333. Las chapas de los ángulos se fijan con tornillos.

En un rellano principal de forma rectangular se pone una viga formada por uno o dos hierros **I**, según la luz y el peso de la escalera, como hemos visto en el ejemplo del rellano de madera, figura 1323.

Si a ello se presta la disposición de los suelos de la construcción, pueden hacerse rebasar las viguetas para ensamblarlas con la viga de rellano.

Esta manera de sostener la viga es favorable sobre todo cuando, por consecuencia de la forma de la caja, esta viga forma una línea quebrada, como en el rellano principal de las figuras 1334 y 1335.

Por encima del hueco de entrada, las viguetas que sobresalen des-

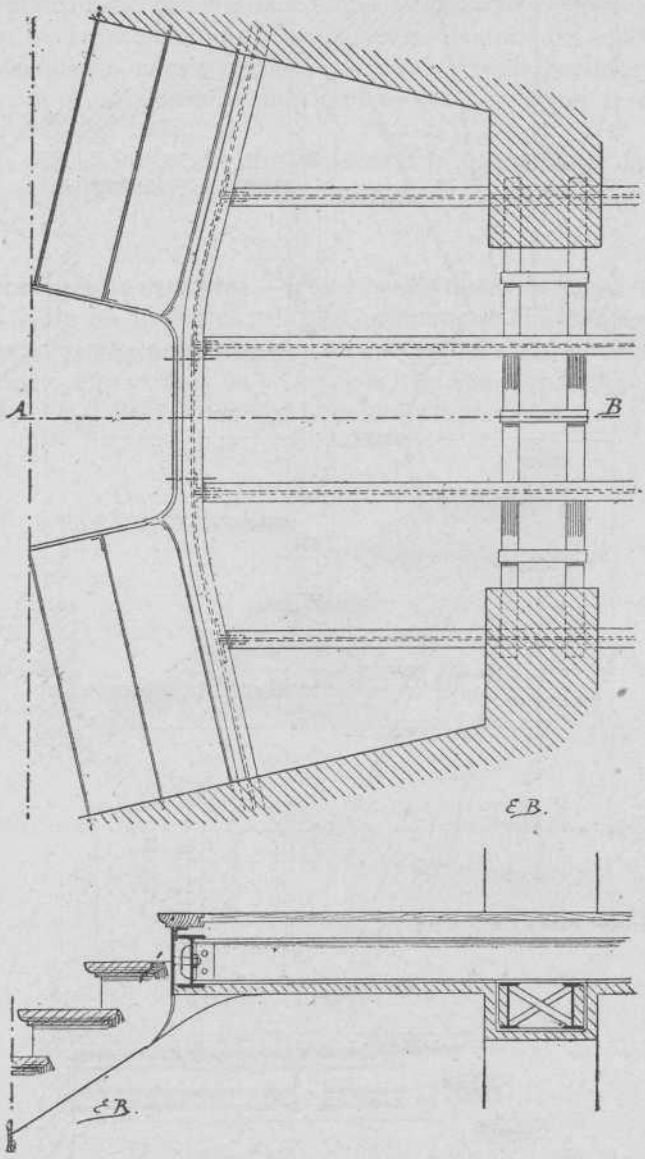


Figs. 1331 a 1333. — Angulo de zanca.

cansan sobre un dintel compuesto de dos perfiles separados según el grueso del muro.

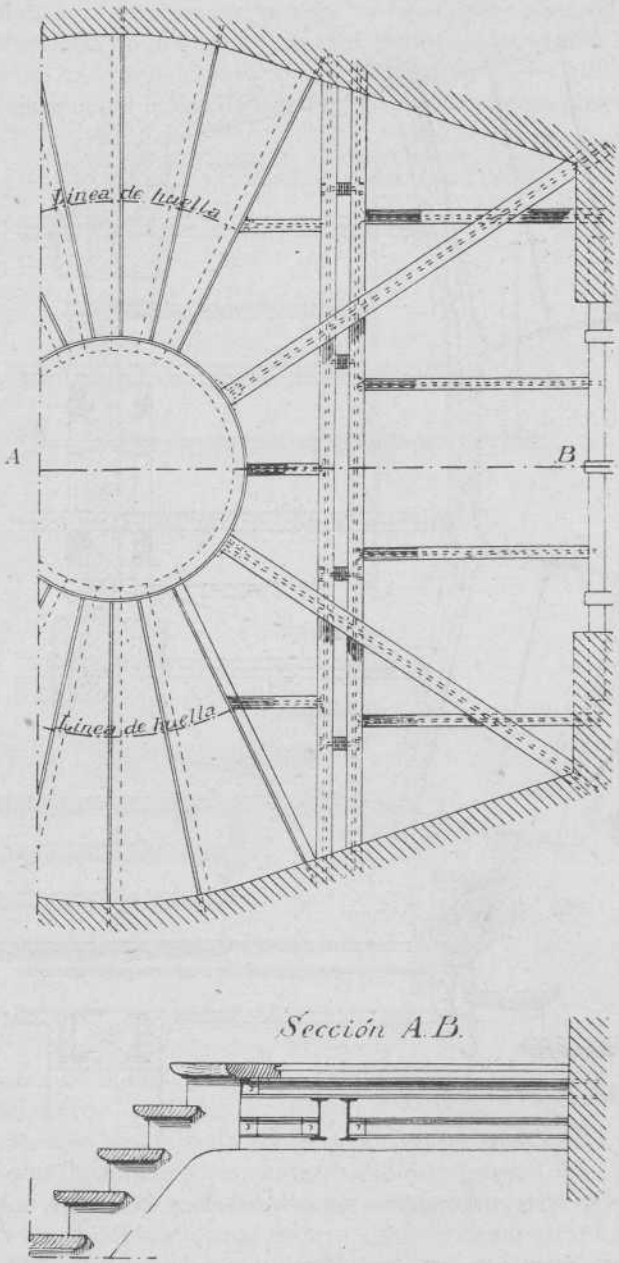
La zanca va ensamblada al hierro I con pernos y sobre durmientes, que son de fundición en nuestro dibujo, figura 1335, que da la sección por *A B*. Pero, como se ve, las zancas no se presentan normalmente y están sujetas a formar resorte, como se demuestra en la planta (figura 1334). Para evitar esta elasticidad, que podría hacer bajar la zanca, se fijan en ésta, por el interior, piezas que la prolongan en línea recta, hasta venir a tope con la viga.

Cuando no se pueden dejar sobresalir las viguetas en ménsula y si los lados de la caja no son paralelos, los peldaños de llegada y



Figs. 1334 y 1335. – Rellano de madera y hierro.

arranque no formarán una línea recta, y precisa entonces recurrir a una disposición análoga a la que damos en las figuras 1336 y 1337 y que es aplicable a una escalera circular en parte.



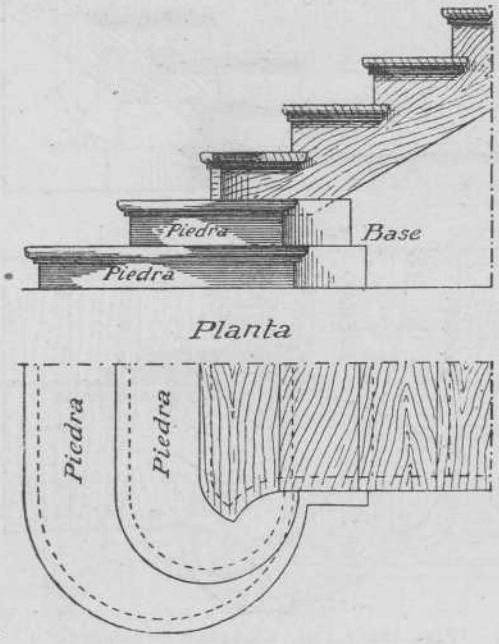
Figs. 1336 y 1337. – Rellano de madera y hierro.

Como se ve, se trata de dos básculas cuyas palancas, empotradas por un extremo, descansan sobre una viga y se prolongan para ir a ensamblarse a la zanca y sostenerla.

Para disimular el sofito que forma la viga, se colocan hierros y también maderas que enrasen con la parte inferior de aquélla y que van ensamblados, unos a la viga y a la zanca y contrahuellas, y otros a la viga con el otro extremo empotrado en el muro, como se ve en la sección *A B* (fig. 1337).

Las palancas se sitúan directamente bajo la huella de llegada y, para soportar la solería, se ponen viguetas enrasando por arriba con las palancas.

Arranques de escaleras. — Como hemos dicho, se hacen de piedra muchas veces los dos o tres peldaños primeros de una escalera de madera, con objeto de aislar ésta de la humedad del suelo y también para protegerla contra el agua de los baldeos frecuentes, cuando se trata de un pavimento de losas de piedra o mosaicos hidráulicos.



Figs. 1338 y 1339. — Arranque de escalera.

Estos primeros peldaños, que constituyen una especie de basamento, forman relieve sobre la escalera y están cortados según arcos de círculo regulares o arrollados en volutas.

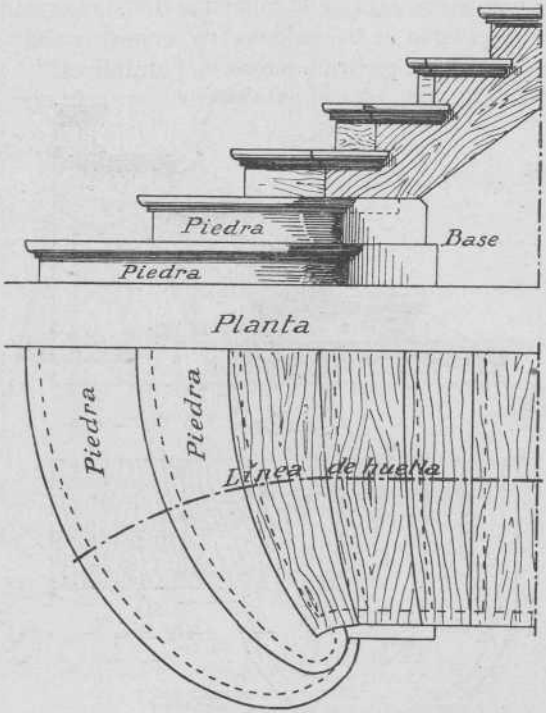
La huella de los primeros escalones, tres como máximo, es generalmente un poco mayor que la huella general: así, para una escalera

cuya huella sea igual a 0,30 m., se dará 0,315 m. al tercer peldaño, 0,330 al segundo y 0,345 al primero. Estas dimensiones progresivas no son absolutas y se modificarán siempre que se juzgue necesario.

Nuestro primer ejemplo, figuras 1338 y 1339, que representan un arranque de escalera en elevación y en planta, tiene dos escalones de piedra prolongados por un zócalo o base. La zanca se apoya en el peldaño y el zócalo, entibada en un rebajo practicado en la piedra o sujeta por uno o dos rejones, que impiden todo desplazamiento lateral.

La zanca forma en su base una ligera curva y los escalones están cortados según un radio regular para cada uno y con su mampirlán moldurado según el perfil adoptado para los peldaños de madera, pero un poco ampliado para tener en cuenta la naturaleza frágil de la piedra.

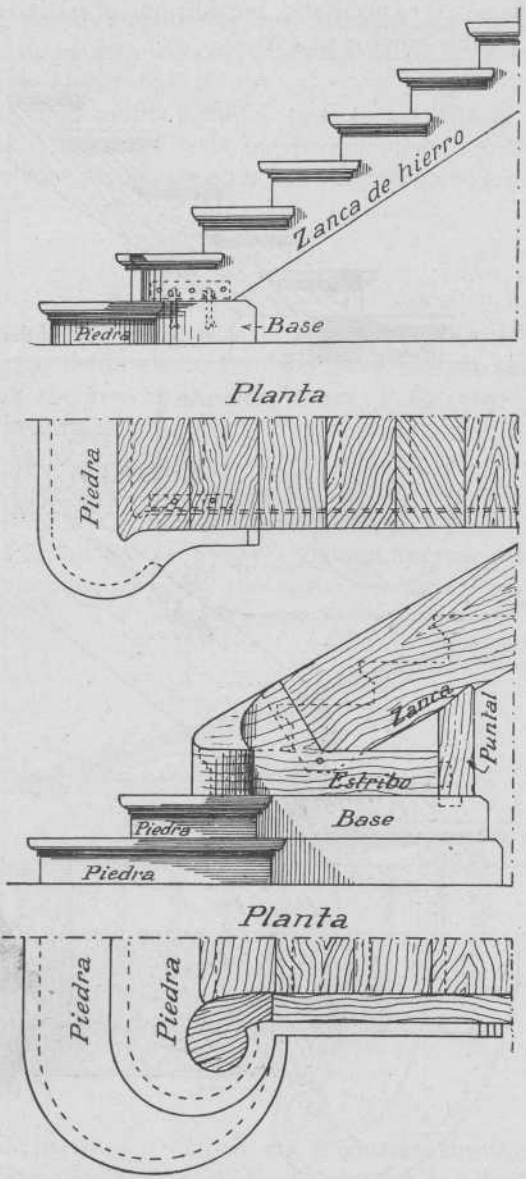
Cuando enfrente del arranque de la escalera queda poca distancia y precisa hacer una vuelta brusca para encontrar la subida, se desvía



Figs. 1340 y 1341. — Arranque de escalera.

a veces la huella conforme indicamos en las figuras 1340 y 1341. La línea de acceso obtenida es más favorable tanto para el ascenso como para el descenso. Si el sitio frente a la escalera fuese aún insuficiente, precisaría empezarla con un tramo en vuelta. Con zanca de hierro, el aspecto general no sufre modificación. Pueden ponerse dos y hasta tres peldaños de piedra, si existe una razón cualquiera que lo exija.

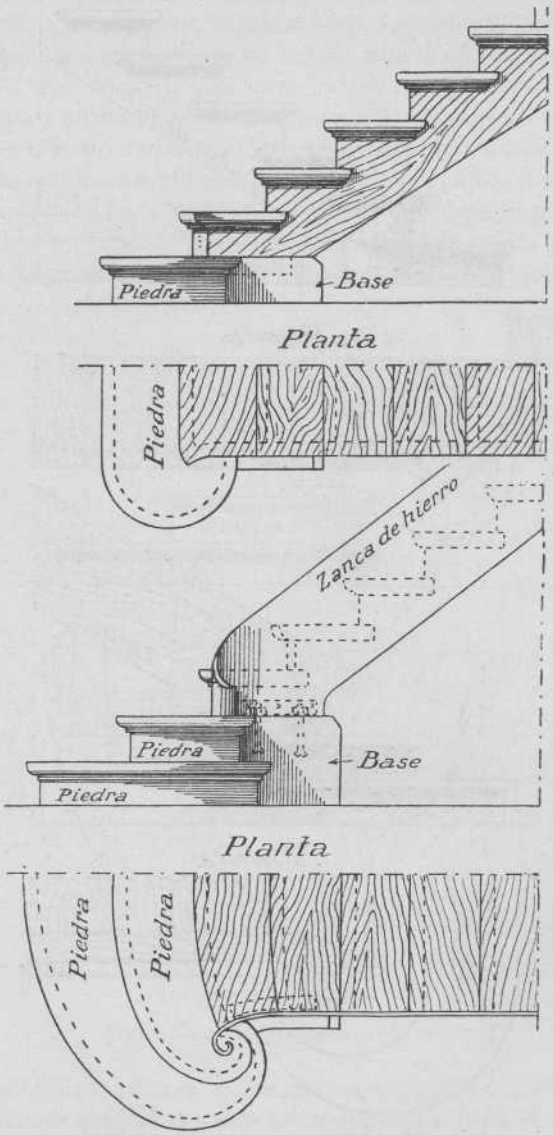
Una escuadra fija al peldaño de piedra con dos pernos embutidos realiza la fijación de la zanca a la que se une por medio de tres tornillos (figs. 1342 y 1343).



Figs. 1342 a 1345. — Arranques de escaleras.

Nuestras figuras 1344 y 1345 muestran una zanca recta, *a la francesa,* con voluta de arranque para recibir la pilastra de barandilla. Para evitar una gran pérdida de madera, el estribo de apoyo se saca de una

pieza de madera aparte que se ensambla a la zanca a caja y espiga. Se añade algunas veces un puntal, pequeña pieza ensamblada al estribo y a la zanca. Su función es solidarizar las dos piezas, dar un asiento mayor a la zanca y, si es necesario, impedir que el estribo se levante de atrás bajo un posible empuje de ésta.



Figs. 1346 a 1349. — Arranques de escaleras.

En las figuras 1346 y 1347 se da un ejemplo con un solo peldaño de piedra. Este se encuentra tallado según un radio regular y con el

mampirlán moldurado como hemos dicho; está provisto de un zócalo y la zanca puede penetrar en una muesca o fijarse con rejones.

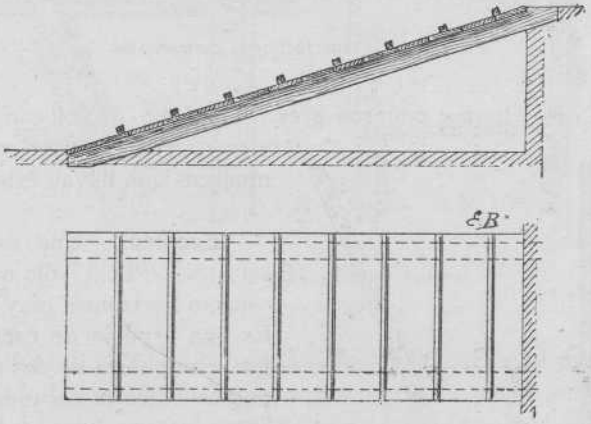
Veamos ahora un ejemplo que lleva una zanca a la francesa, fija con escuadra y pernos empotrados en el zócalo. Los peldaños de piedra y dos peldaños de madera son curvos, lo que es bastante frecuente en el arranque (figs. 1348 y 1349.)

El pilar de la barandilla puede alojarse en la pequeña voluta arrollada al pie de la zanca. Y ésta puede ornamentarse con molduras, pudiéndose también hacer recuadros con pequeñas molduras de hierro.

Tipos de escaleras

Plano inclinado. — Es el caso más sencillo, la escalera primitiva que permitía pasar de un nivel a otro con una pendiente suave. Por su medio es posible elevarse hasta cierta altura. Pero como ocupa horizontalmente un espacio considerable por consecuencia de la escasa pendiente necesaria para evitar el deslizamiento del pie, sólo suele emplearse para servicios provisionales, en las construcciones, por ejemplo, para la subida de obreros y materiales.

El ejemplo de las figuras 1350 y 1351 está formado por dos piezas paralelas sobre las que van clavadas transversalmente tablas para el



Figs. 1350 y 1351. — Plano inclinado.

piso provistas de barrotes o listones que impidan el deslizamiento.

La inclinación máxima que puede dársele es la de 1 por 2, es decir, 1 de altura por 2 de longitud, lo que ya constituye una pendiente peligrosa. La generalmente adoptada es la de 22°, o sea 40 %.

Cuando el plano inclinado tiene escasa anchura, puede bastar con unir los dos largueros por medio de tablas muy anchas, que se

solapan o recubren en parte unas a otras (fig. 1352). Así se obtiene una especie de escalera extremadamente suave, cuyos peldaños están constituídos por la simple superposición de las tablas.

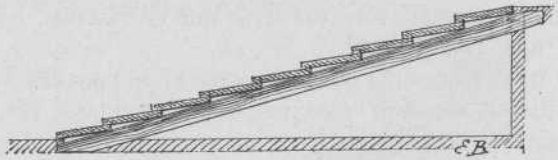


Fig. 1352. — Plano inclinado.

Se puede obtener también un plano inclinado desmontable formando peldaños en rampa, como indicamos en la figura 1353. Los pel-

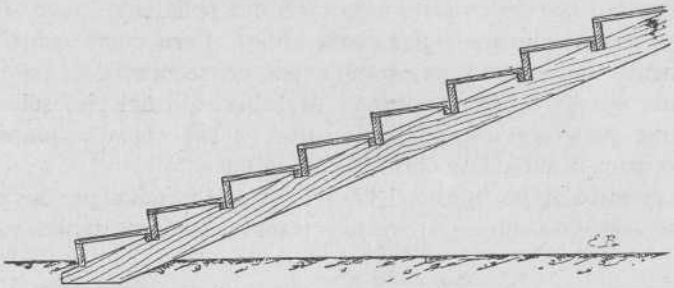
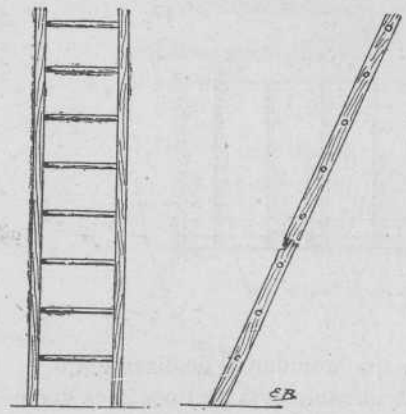


Fig. 1353. — Plano inclinado desmontable.

daños son otros tantos tableros preparados que se colocan sobre las viguetas o largueros metidos en muescas que llevan éstos.



Figs. 1354 y 1355. — Escala de mano.

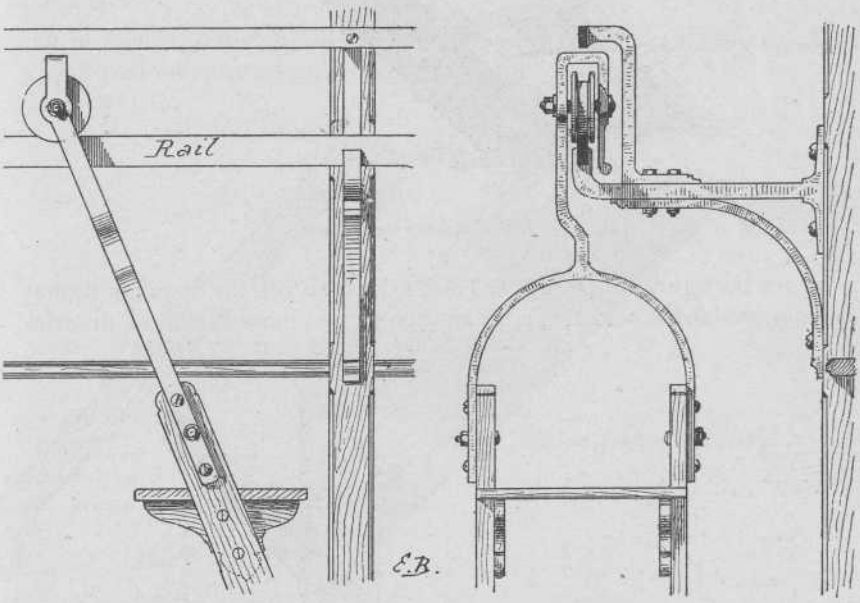
Escalas. — Una escala, por ser casi vertical, sólo necesita un espacio horizontal muy reducido. Es una especie de escalera portátil compuesta de dos montantes unidos entre sí por una serie de traviesas paralelas, o *escalones,* colocados a distancias iguales. Esta distancia puede variar de 0,25 a 0,32 m. entre ejes, pero en todo caso es siempre uniforme en cada escalera (figuras 1354 y 1355.)

Las escalas son de gran utilidad en las obras. Son sencillas o dobles. Estas últimas, más empleadas por los obreros pintores,

están formadas de dos escalas que se apoyan una contra otra por su parte superior, donde los cuatro montantes o zancas van cogidos por un perno. Los montantes no son paralelos, sino más abiertos por abajo que por arriba, con objeto de obtener mayor base y estabilidad.

Deben mencionarse también las escalas de corredera, que deslizan una sobre otra, maniobradas por una cuerda, y se fijan a la altura conveniente por medio de ganchos.

En los almacenes o bibliotecas, donde existen anaquelerías, se utilizan escalas rodantes de diversas formas. Damos un ejemplo en



Figs. 1356 y 1357. — Escala rodante.

nuestras figuras 1356 y 1357. Estas escalas llevan en su parte superior una armadura provista de una polea que rueda sobre un carril; una barra fija colocada encima impide que se salga la polea.

Escala de molinero. — Es una verdadera escalera recta a la que faltan las contrahuellas y cuyas zancas y huellas están formadas por tablas. Sirve generalmente para subir a los graneros (figs. 1358 y 1359). Los montantes son dos tablas anchas y gruesas, que son verdaderas zancas, colocadas de canto y con la inclinación conveniente, que suele ser como máximo de 45° sobre la horizontal. Estos montantes, en los que se fijan los escalones, que son simples tablas de huella,

tienen un espesor que varía con la longitud de la escalera, es decir, con la altura que hay que franquear.

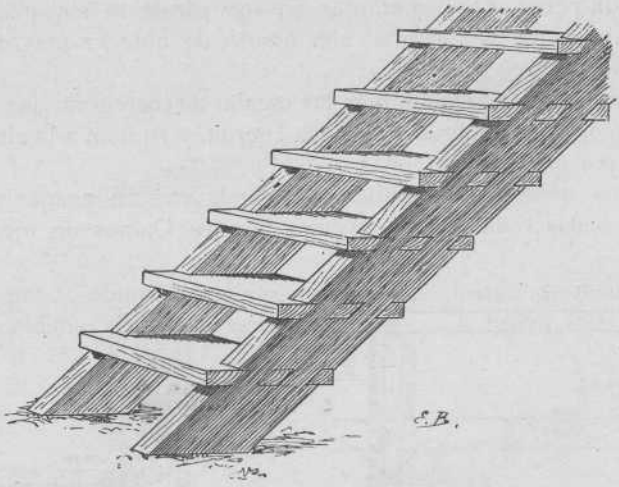


Fig. 1358. — Escala de molinero.

En las figuras 1360, 1361, 1364 y 1365 se ven las distintas formas de ensamblar los peldaños a las zancas, siendo innecesaria su descrip-

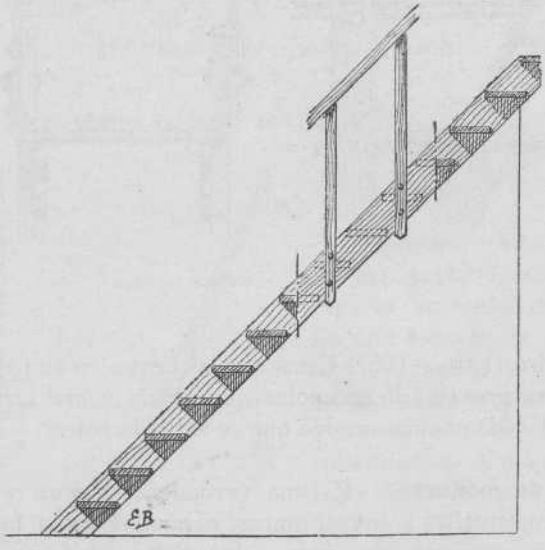
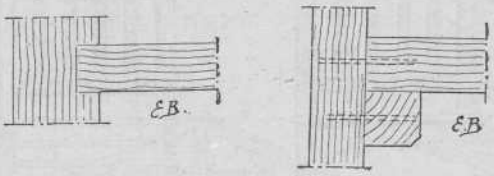


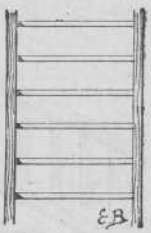
Fig. 1359. — Alzado de una escala de molinero.

ción. Debemos advertir que cuando se emplea el ensamble de simple rebajo de apoyo, precisa mantener unidos los largueros por pernos, para impedir su separación.

Cuando está aislada, esta escala debe estar provista de una barandilla, por un lado al menos. Damos una idea en la figura 1359 y aconsejamos poner siempre una,

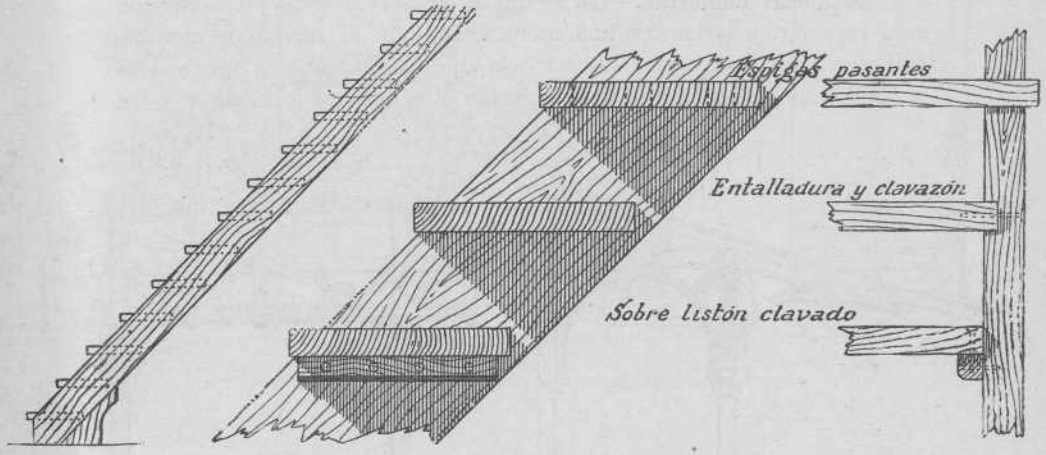


Figs. 1360 y 1361. - Ensamble de escalones.



Escala de molinero.

por lo menos, teniendo en cuenta que estas subidas son muy rápidas y que casi siempre se suben con cargas.



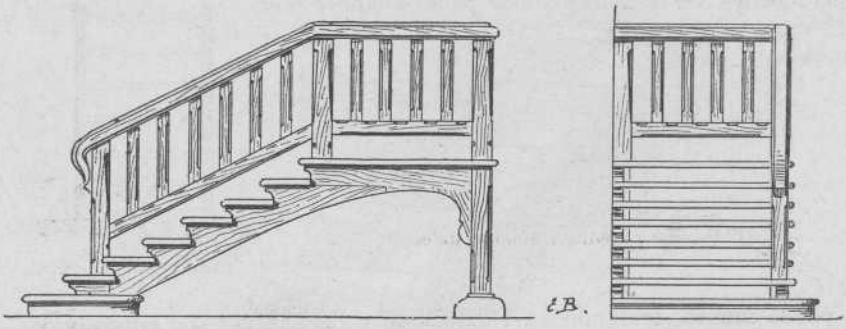
Figs. 1363 a 1365. — Detalles de la escala de molinero.

Escaleras exteriores. — La madera no presenta las cualidades de resistencia y de duración a la intemperie que se exige a los materiales empleados en el exterior. No obstante, se emplea algunas veces, a pesar de las escasas garantías de conservación que ofrece, para hacer pequeñas escaleras, especie de escalinatas y aun escaleras de piso.

Nuestro primer ejemplo es una escalera que descansa sobre un dado y un peldaño, ambos de piedra, con objeto de preservarla un poco de la humedad del suelo (figs. 1366 y 1367).

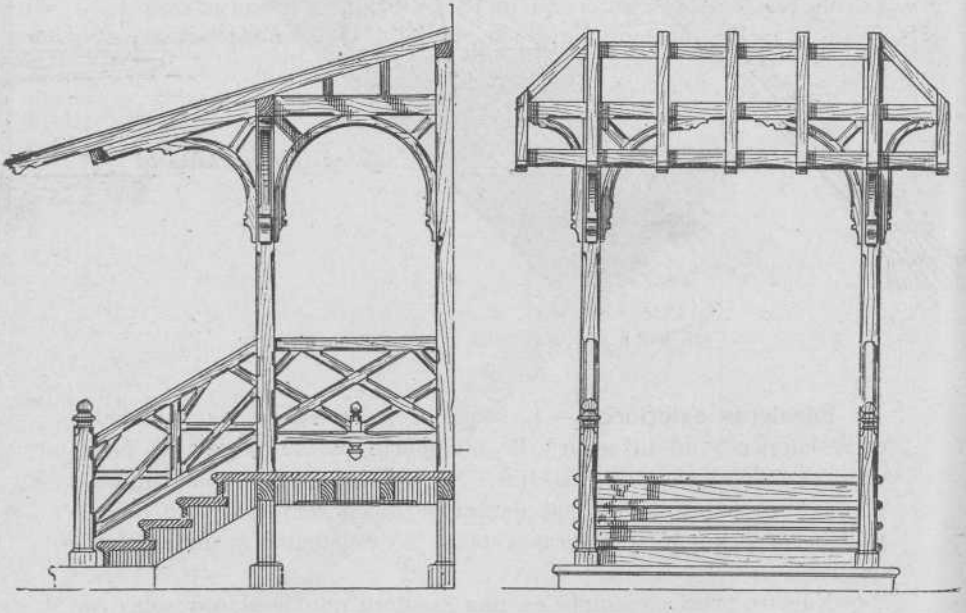
Esta escalera se compone de una cremallera y de una falsa cremallera que descansan sobre el peldaño de piedra y sobre dos pies derechos. Puede ejecutarse con o sin contrahuellas, a voluntad. La baran-

dilla se compone de montantes, larguero y pasamano, como indica nuestro dibujo.



Figs. 1366 y 1367. – Escalera exterior.

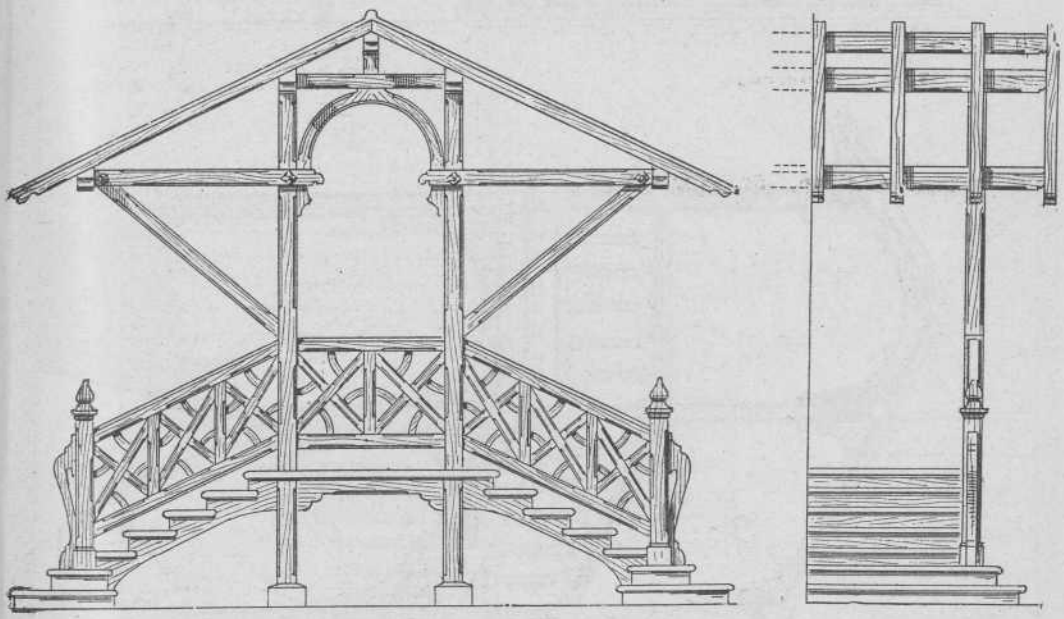
Escaleras cubiertas.—Un medio de preservar estas escaleras consiste en resguardarlas con una techumbre, que al mismo tiempo que útil puede ser decorativa. De esto son un ejemplo nuestras figuras 1368 y 1369. Los pies derechos que soportan el rellano se prolongan y sos-



Figs. 1368 y 1369. – Escalera cubierta.

tienen la pequeña estructura de cubierta. Esta se compone de arcos que soportan las correas, carreras, etc., sobre las que reposan los cabios. Un tejadillo volado protege la subida.

Otra escalera exterior, de dos subidas, se representa en las figuras 1370 y 1371, en la cual los montantes, como en el ejemplo precedente, se prolongan para soportar la carpintería del tejado. Las correas están sostenidas por montantes y tornapuntas, y los cepos constituyen tirantes de contrarresto. La cumbrera va sobre

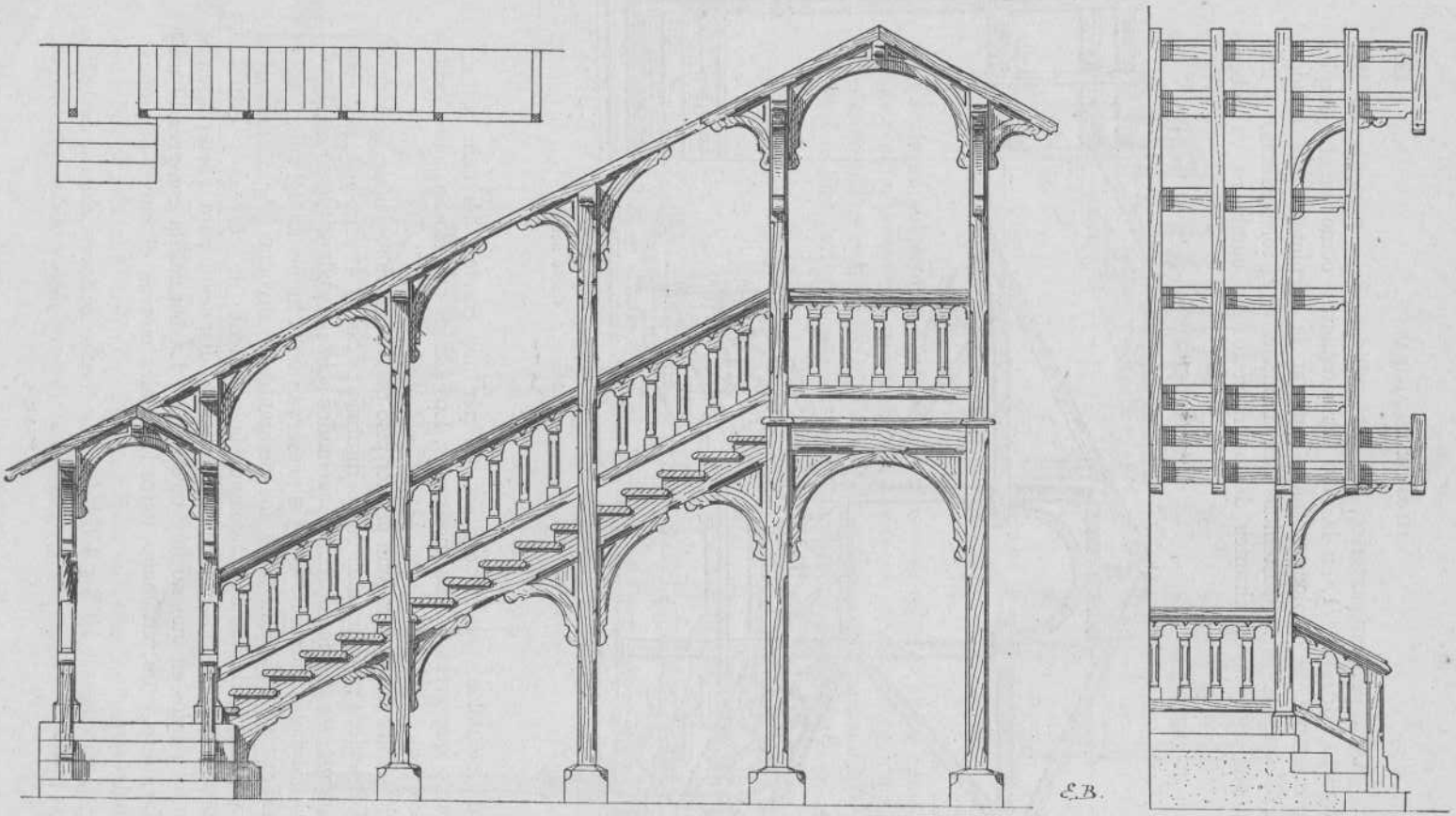


Figs. 1370 y 1371. — Escalera cubierta de doble acceso.

un pendolón, soportado a su vez por una traviesa aliviada por un arco que arriostra los montantes. Los cabios se colocan sobre estas correas.

Para dar acceso a un primer piso por el exterior, puede aplicarse la escalera representada en las figuras 1372 a 1374. Esta escalera está compuesta de pies derechos asentados sobre el rellano de arranque y sobre dados de piedra que los preservan de la humedad del suelo. Las zancas van ensambladas a los montantes y aliviadas por cartelas; la carpintería de cubierta, compuesta solamente de correas y cabios, descansa sobre los pies derechos y está dispuesta para verter aguas a los puntos en que no hay circulación. La barandilla comprende un larguero y un pasamano, entre los cuales cierran el hueco pequeños balaustres.

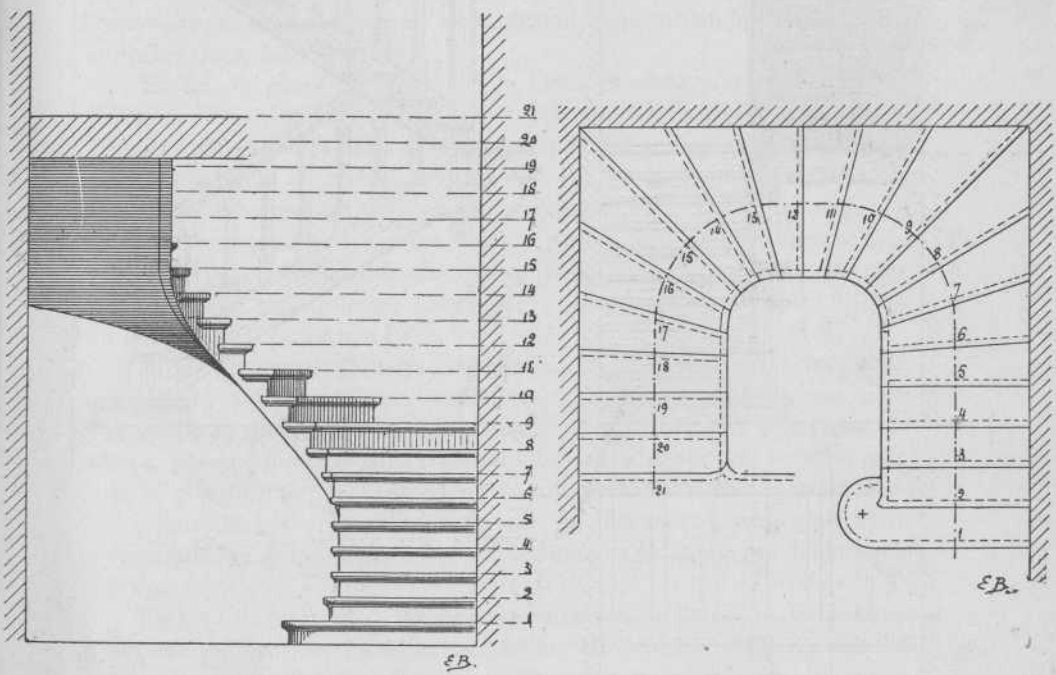
Las figuras 1373 y 1374 dan dos vistas de la escalera y la 1372 la planta.



Figs. 1372 a 1374. — Escalera exterior.

Escalera de casa de alquiler.—La escalera de dos tramos en sentido contrario y uno en vuelta intermedio es el caso más frecuente. El hueco entre zancas es más o menos considerable según la superficie de la caja y, cuando es suficiente, puede utilizarse para la instalación de un ascensor.

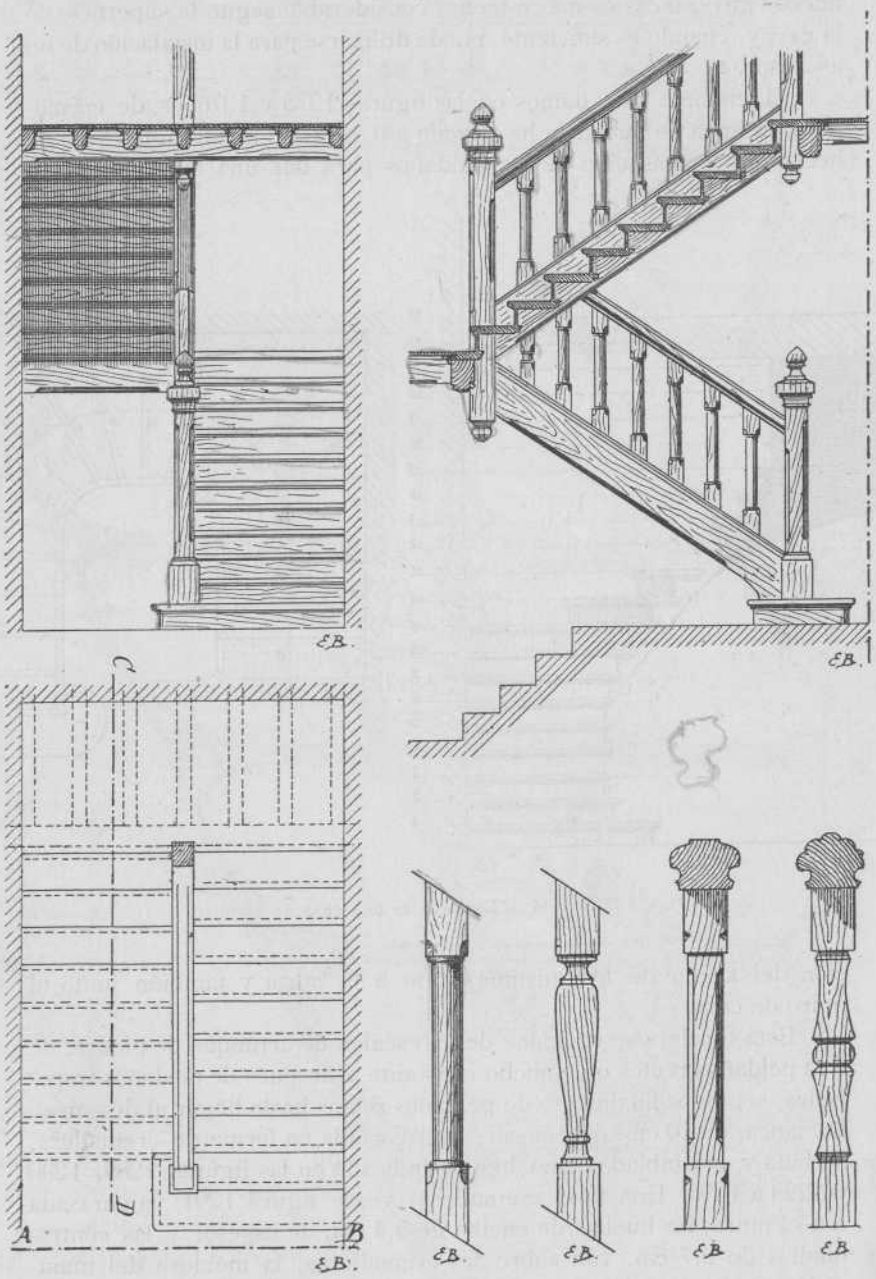
El ejemplo que damos en las figuras 1375 y 1376 es de cremallera; la línea de huella se ha situado a 0,50 m. de la barandilla y se ha hecho la compensación de los peldaños para dar una buena distribu-



Figs. 1375 y 1376. — Escalera de una casa de alquiler.

ción del ancho de los mismos junto a la zanca y también junto al muro de caja.

Esta escalera se compone de un escalón de arranque de piedra, de tres peldaños rectos o de ancho constante y después de peldaños trapeciales, seguidos finalmente de peldaños rectos hasta llegar al descanso. La zanca, de 10 cm. de espesor, está cortada en forma de cremallera, cortada y ensamblada como hemos indicado en las figuras 1289, 1290 y 1293 a 1295. Una falsa cremallera (véase figura 1291) va enrasada con el muro; las huellas de encina de 5,4 cm. de espesor y las contrahuellas de 2,7 cm. van sobre las cremalleras; la moldura del mampirlán vuelve paralelamente a la cara externa de la zanca. La testa de los peldaños que va contra el muro se cubre con un zócalo. Esta



Figs. 1377 a 1383. – Escalera de zancas superpuestas.

escalera lleva una barandilla de barrotes sobre pezones de un modelo decorativo y lleva por debajo cielorraso, como se ve en la elevación (figura 1375.)

Escaleras de zancas superpuestas. — Cuando la caja que debe contener una escalera es muy estrecha, de 2,10 m., por ejemplo, sería imposible dar a los escalones el mínimo ancho de un metro, dejando un hueco entre las zancas. Se toma entonces el partido de superponer las zancas en el mismo plano vertical: la escalera no tiene así ojo y el pasamano se interrumpe en cada tramo, ensamblándose a la zanca superior (figs. 1377 a 1383.)

En una escalera de esta clase, la zanca es recta, a la francesa, y los peldaños van ensamblados en mortajas como hemos indicado en las figuras 1296, 1298, 1302 a 1305. La zanca del primer tramo se apoya sobre el peldaño de arranque donde va fija y va a ensamblarse, a la altura del descansillo, al pilar de la barandilla; la zanca del segundo tramo se ensambla a la misma pilastra por encima de la primera. Esta pilastra o poste va ensamblado a su vez a una viga de rellano, que sostiene también las viguetas, como se ve en planta en la figura 1379 y en la sección *C D*, figura 1378.

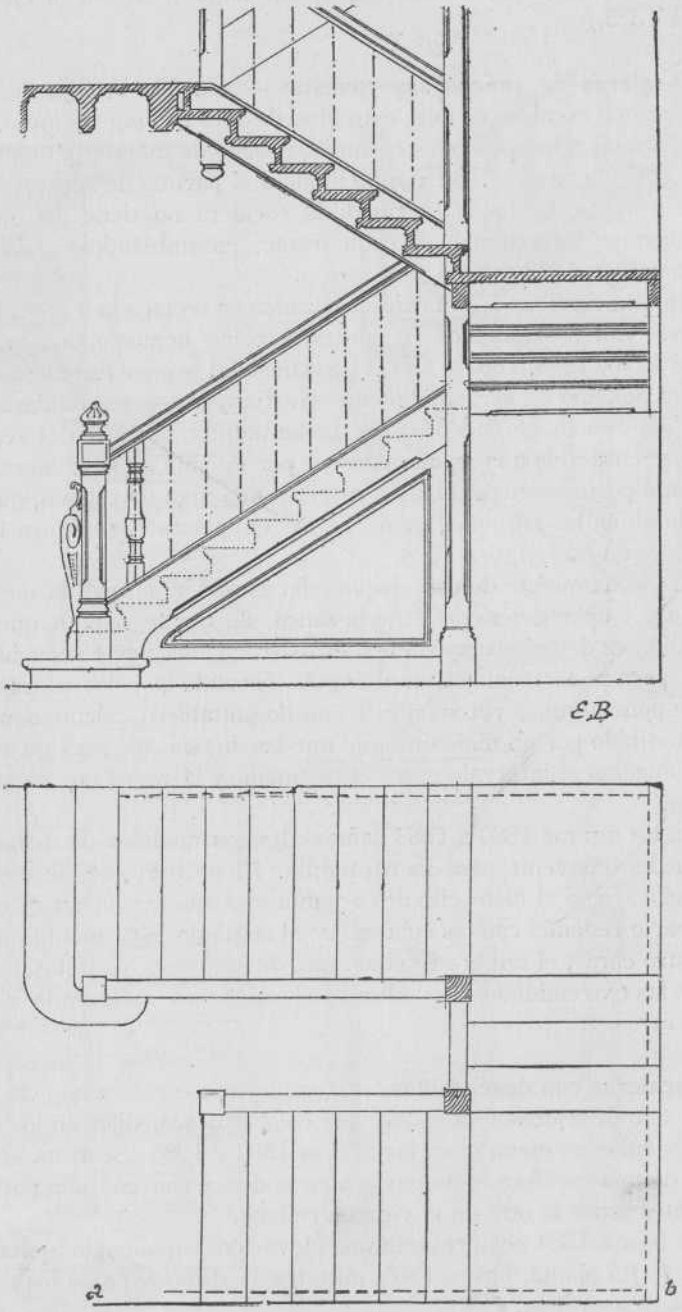
El inconveniente de esta disposición es que la barandilla no puede continuar y debe detenerse bajo la zanca, de donde resulta que si la barandilla es de balaustres, deben éstos ir en una parte reducidos de altura, para poderse alojar en el ángulo formado por las zancas. Por esto se pone algunas veces en este ángulo un tablero calado o moldurado, limitado por un montante que une las dos zancas, para guarnecer a continuación el intervalo entre el pasamano y la zanca por balaustres enteros.

En las figuras 1380 a 1383 damos algunos modelos de balaustres que pueden convenir para la barandilla. El primero, de pie y cabeza cuadrados, tiene el fuste cilíndrico y muescas que verifican el enlace de la parte redonda con las cuadradas; el segundo está moldurado por las cuatro caras; el tercero es cuadrado, de secciones distintas para el fuste y las extremidades; por último, el cuarto es moldurado por las cuatro caras.

Escaleras con descansillos. — Cuando una escalera no está compuesta sino de tramos rectos, hay que colocar descansillos en los ángulos. Tenemos un ejemplo en las figuras 1384 y 1385. Se trata simplemente de una escalera recta cuyas zancas descansan por una parte en montantes y por la otra en la viga de rellano.

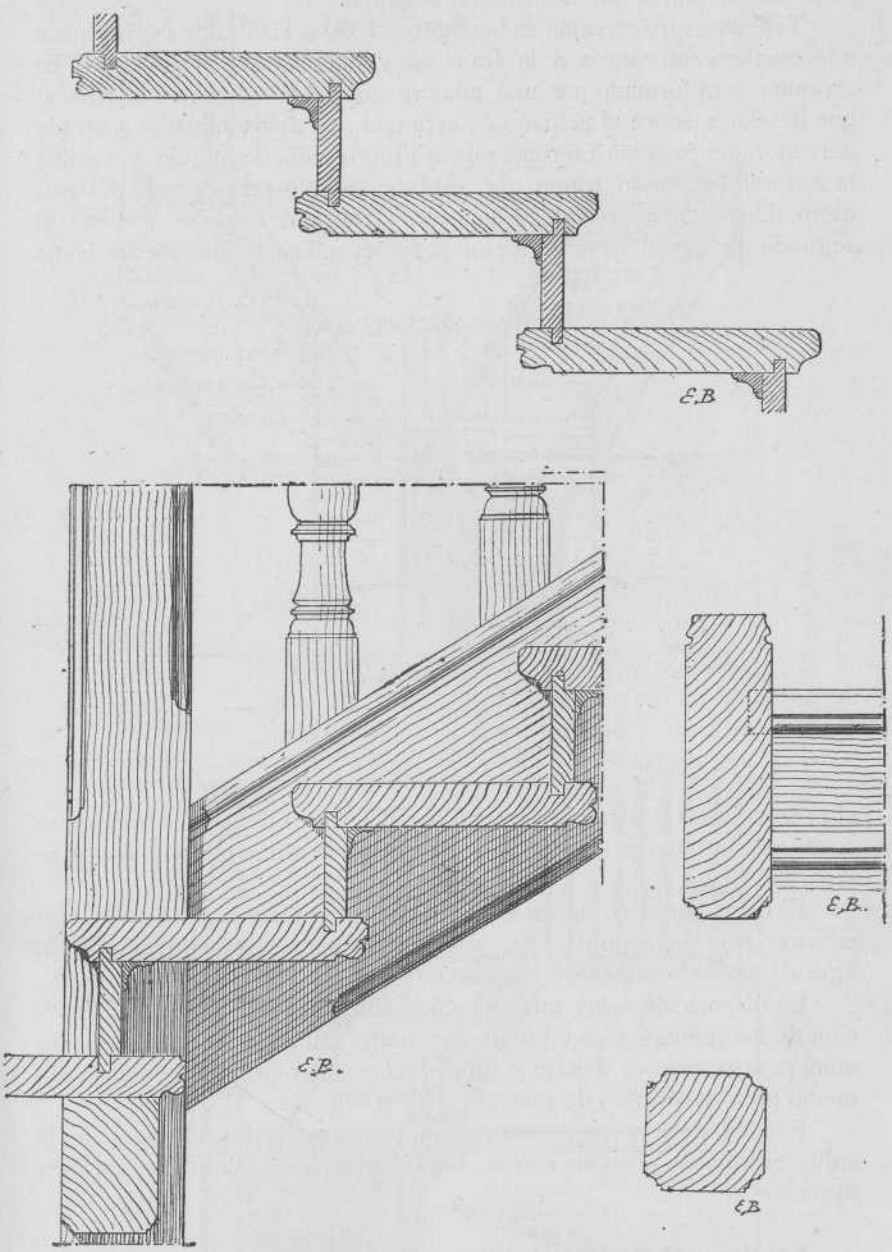
La figura 1384 nos presenta una elevación, suponiendo quitado el muro *a b*. La planta, figura 1385, muestra la disposición de los tramos y de los descansillos.

Los peldaños son aparentes por debajo y decorados con molduras



Figs. 1384 y 1385. — Escalera. Elevación y planta.

como muestra la figura 1386. La figura 1387 indica el apoyo de la



Figs. 1386 a 1389. — Secciones y detalles.

zanca sobre el pie derecho, así como la forma de soportar el rellano. La zanca, moldurada por arriba y abajo, se representa en la figura 1388.

Por último, la figura 1389 da la sección de un pie derecho e indica las pequeñas molduras que decoran las esquinas.

Tenemos otro ejemplo en las figuras 1390 a 1392, que representan una escalera con zancas a la francesa y balaustrada ornamental. El arranque está formado por una pilastra ricamente tallada, y la zanca, que descansa sobre el peldaño de arranque, va a ensamblarse a un pie derecho, que pasa para formar pilastra intermedia de ángulo y recibir la zanca del segundo tramo que está en ángulo recto con la del primero. Un segundo pie derecho, que arranca del suelo, sostiene el segundo descansillo, pasa luego y forma pilastra intermedia como

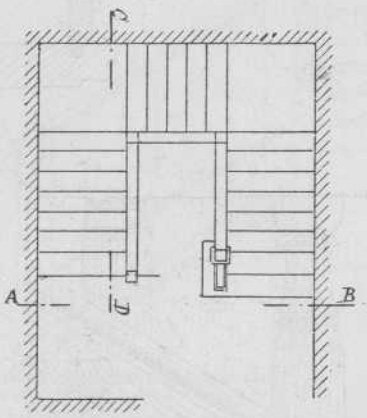


Fig. 1390. — Escalera con descansillos.

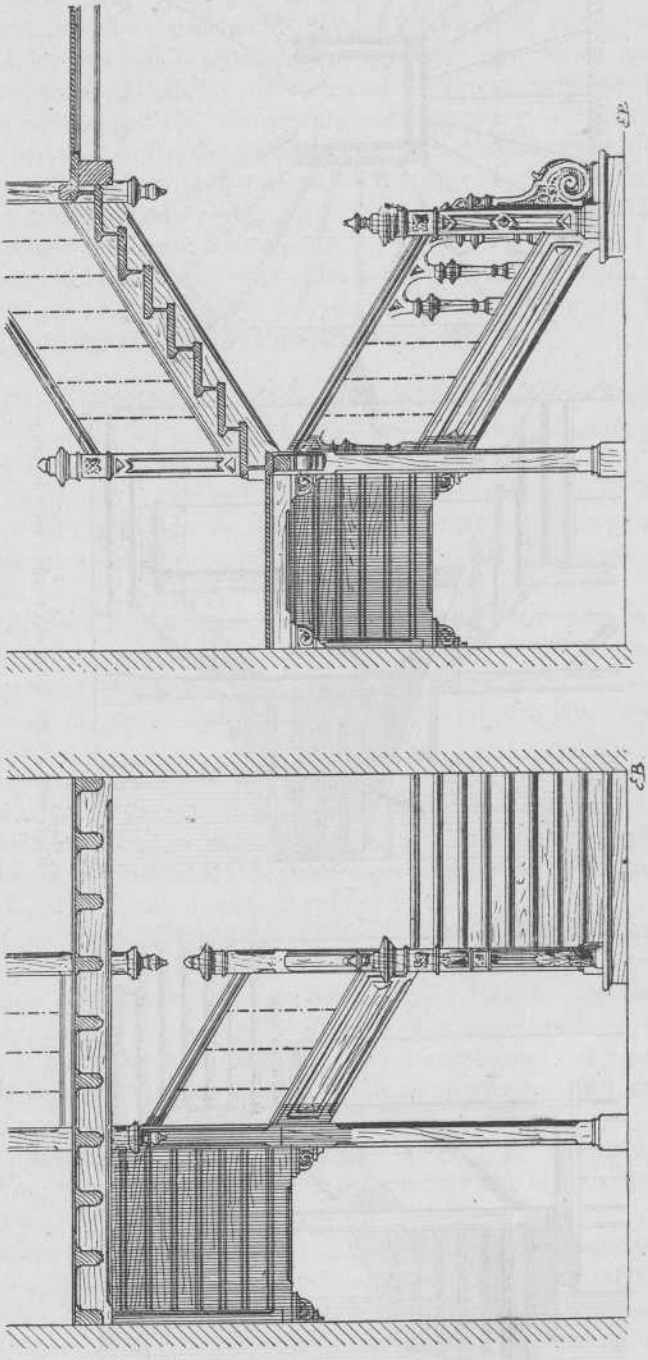
el precedente. De este pie derecho parte la zanca del tercer tramo que conduce al rellano principal y que se ensambla a una pilastra fija a la viga de rellano.

El corte por *A B*, figura 1391, muestra la escalera vista de frente; el corte por *C D*, figura 1392, está hecho por el tercer tramo, y la figura 1390 es la planta de conjunto.

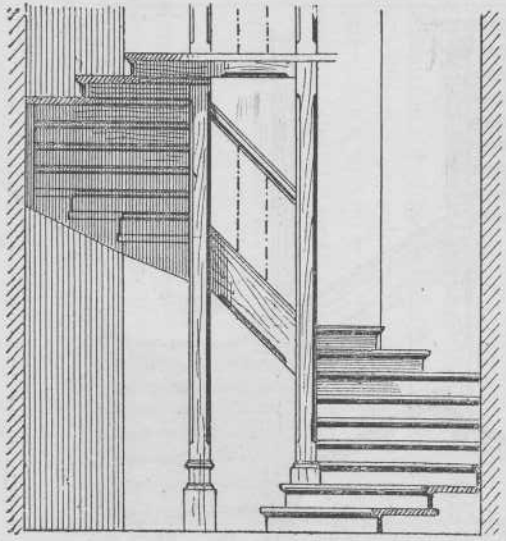
La disposición sobre pies derechos simplifica mucho la construcción de los rellanos y es tanto mejor cuanto que, siendo la escalera de madera aparente por debajo y sin cielorraso, se evita la báscula y todo medio poco decorativo de sostener dichos rellanos.

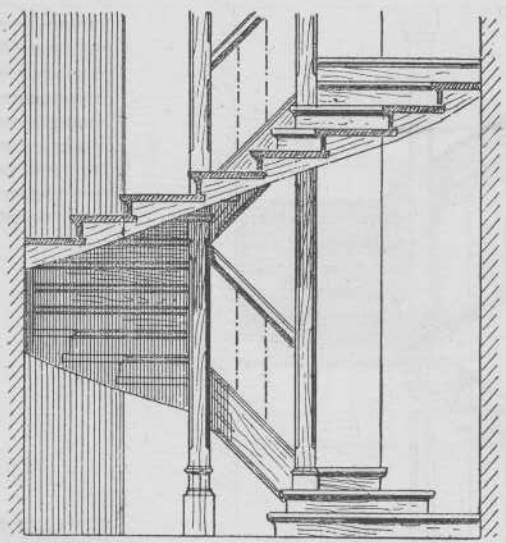
Esta escalera no tiene más que un piso, partiendo del nivel de la calle. Si hubiese pisos sucesivos, habría que dejar continuar los pies derechos.

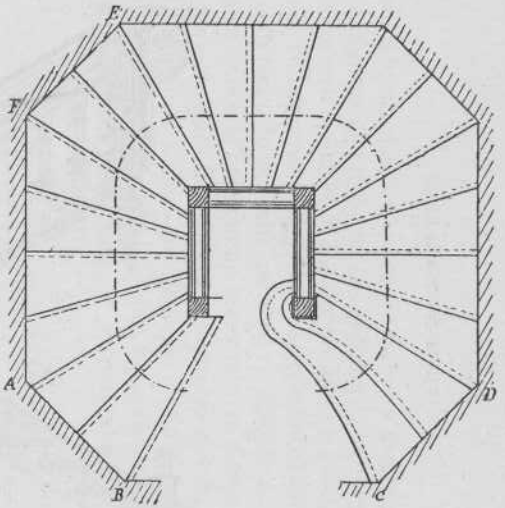
Escalera sobre pies derechos. — La escalera sobre pies derechos sólo conviene cuando el ancho de la misma es suficiente para que los pies derechos no constituyan un obstáculo a la subida o bajada de personas o muebles. En la escalera ordinaria, los objetos voluminosos



Figs. 1391 y 1392.—Alzados.







Figs. 1393 a 1395. — Escalera sobre pies derechos.

pasan frecuentemente por encima de la barandilla, y esto no puede hacerse en el caso de pies derechos.

El ejemplo que damos en las figuras 1393 a 1395 es una escalera encerrada en una caja octogonal; está soportada por cuatro pies derechos que parten del suelo y sobre los cuales van ensambladas las zancas y los pasamanos. Es enteramente compensada y se ha procurado dar a la parte más estrecha de los peldaños un ancho común, de forma que las zancas conserven una forma rectilínea.

Este montaje sobre pies derechos da a la escalera una solidez muy grande y hace imposible todo asiento.

La figura 1393 es una vista tomada por la línea quebrada *ABCD* de la planta; la figura 1394 muestra la escalera vista por la línea *EFAB*, y la figura 1395 es la planta.

Escalera principal.—Está concebida en los mismos principios que la de las figuras 1384 y 1385 y está completamente sostenida por pies derechos que se oponen a toda deformación de la zanca.

En este caso, la escalera no consta sino de una subida de la planta baja al primer piso, pero es fácil comprender que nada se opone a que se prolonguen los pies derechos y sobre ellos descansen tramos sucesivos.

La figura 1396 muestra el conjunto de la escalera vista de frente, donde se ve la disposición de los pies derechos, de las zancas, de las balaustradas y demás detalles. La figura 1397 es la vista lateral: muestra el arranque visto de lado con la pilastra que remata la barandilla.

Veamos ahora la planta (fig. 1398), con el arranque de la escalera a la derecha, después el primer tramo y un descansillo en el centro, pues como se sabe, no debe haber seguidos más de veinte peldaños, para que la escalera no sea demasiado fatigosa. Por último, a la izquierda, el tramo de llegada al primer piso.

Esta escalera es aparente por debajo, como indica la figura 1399. Las figuras 1400 y 1401 dan la elevación de la cabeza de la pilastra y su sección por la parte media. En la figura 1402 se representa un balaustre, sacado de una madera de 10 × 10 cm., el cual se compone de partes torneadas separadas por partes cuadradas. La figura 1403 indica la sección de la zanca y sus molduras. La figura 1404 da la sección del pasamano.

La altura que hay que subir es de 4,30 m. por 28 peldaños de 0,15357 m., con una huella de 0,285 m., medida a 0,50 m. del interior de la zanca.

Acabamos de decir que la experiencia ha demostrado que no deben nunca disponerse más de 18 a 20 peldaños consecutivos sin intercalar un descansillo. En esta escalera, el descansillo forma el dieciseisavo escalón, y después de este rellano sólo quedan ya doce escalones que subir.

La zanca, cuya sección normal, es decir, perpendicular a la pendiente, es de 13 × 38 cm., va establecida según una planta poligonal,

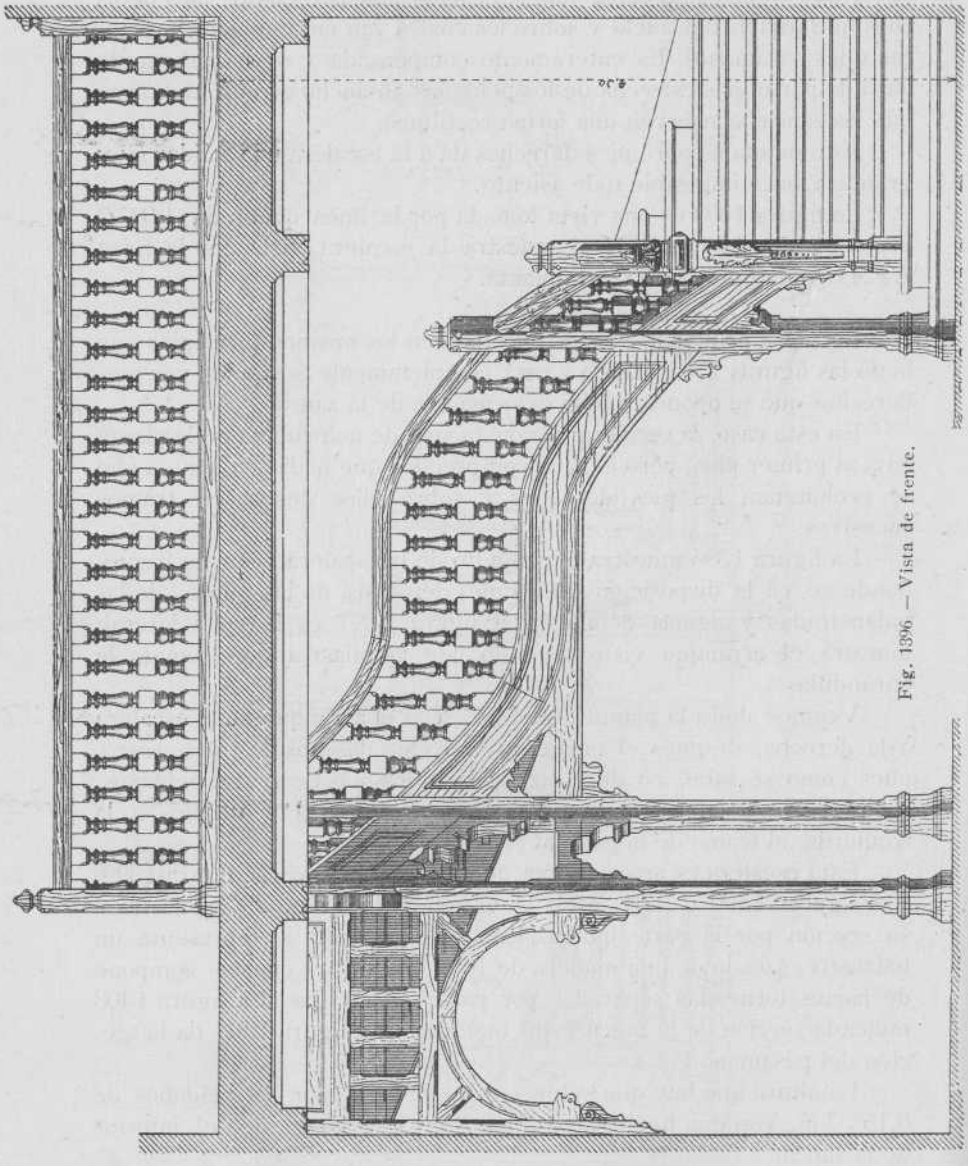
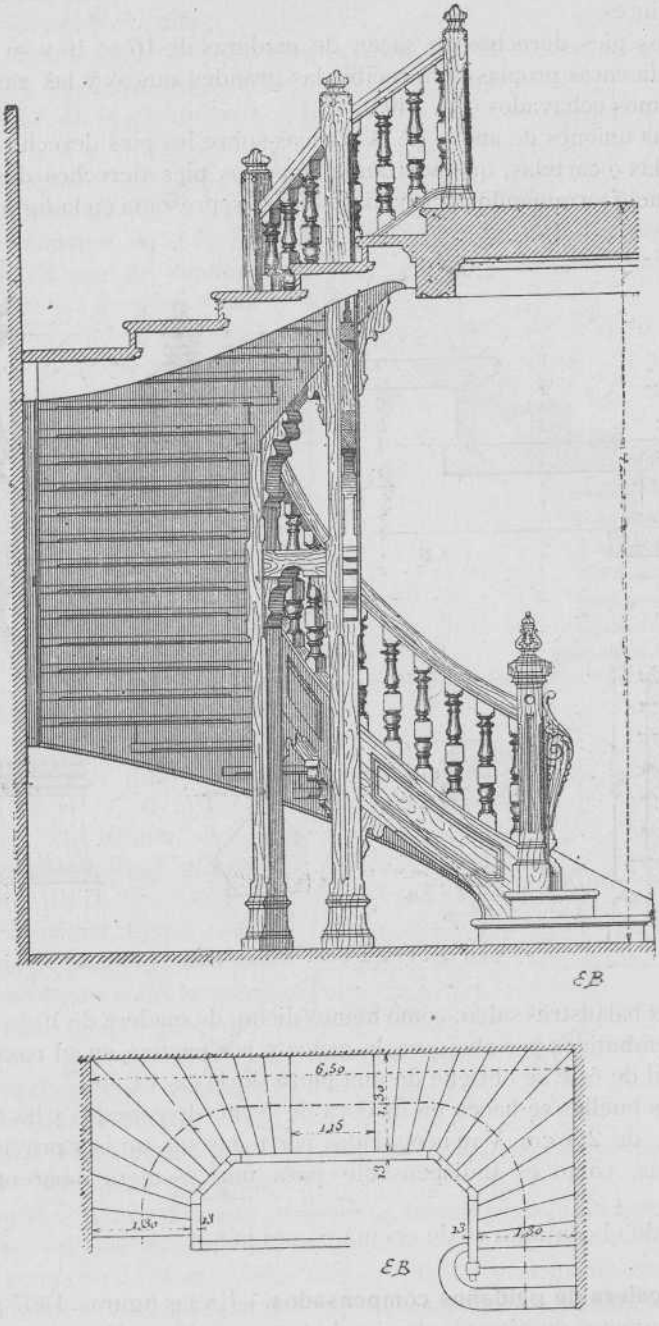


Fig. 1396 — Vista de frente.

evitándose así las partes de zanca en vuelta (figs. 1294 y 1295), que ocasionan pérdidas de madera bastante considerables, y se ha hecho el trabajo sensiblemente más sencillo. Esta zanca lleva una tabla central

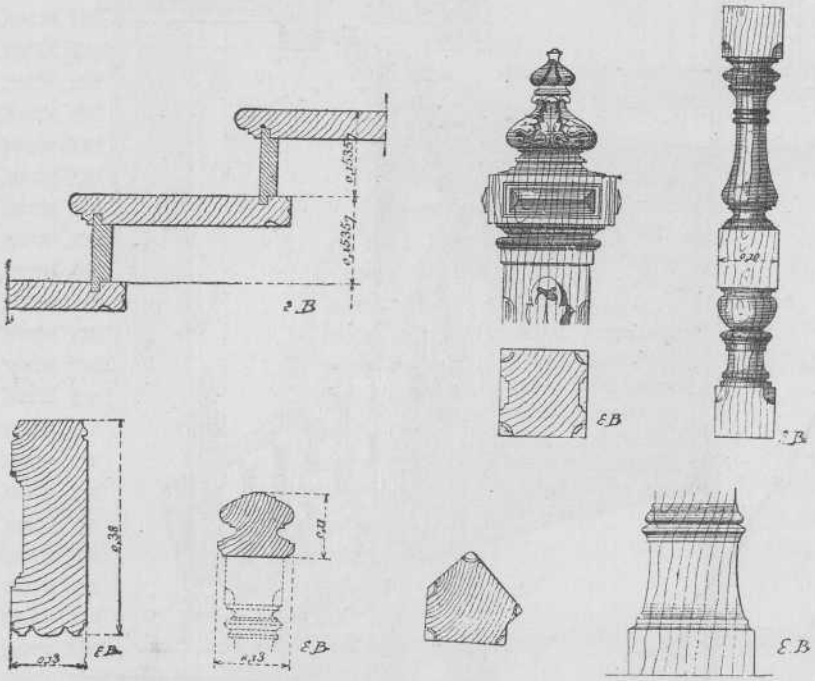


Figs. 1397 y 1398. — Vista lateral y planta.

labrada en hueco y adornada de molduras en las aristas superiores e inferiores.

Los pies derechos se sacan de maderas de 16 × 16 y su sección presenta caras propias para recibir las grandes zancas y las zancas de los tramos ochavados (fig. 1405).

Las uniones de apoyo de las zancas sobre los pies derechos llevan ménsulas o cartelas, que acortan la luz. Los pies derechos descansan en el suelo terminando por una base que se representa en la figura 1406.



Figs. 1399 a 1406. — Detalles.

Los balaustres salen, como hemos dicho, de madera de 10 × 10 cm. y van embutidos por abajo en la zanca y por encima en el pasamano. El perfil de éste se obtiene de una pieza de 11 × 13.

Las huellas se hacen en madera de 5 cm. de espesor, y las contrahuellas, de 2,5 cm. Van acepilladas por todas sus caras y provistas de molduras, como es indispensable para una escalera aparente por debajo.

Todo el conjunto es de encina escogida.

Escalera de peldaños compensados.—En las figuras 1407 y 1408 representamos un ejemplo de una de estas escaleras. La compensación de los peldaños por los diversos métodos más o menos empíricos ya se

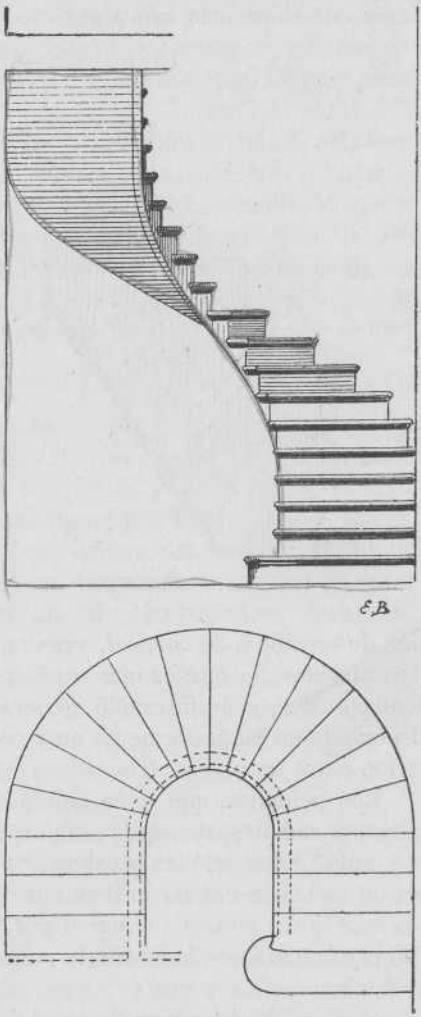
ha explicado anteriormente (véanse figuras 1190 a 1193), y no insistiremos sobre el particular.

La figura 1407 nos da la elevación de la escalera; generalmente, en las casas se hace el arranque en la planta baja por uno o dos peldaños de piedra, después vienen los peldaños de encina de 5 cm., con contrahuellas de 2,5. La zanca, de 8 cm. de espesor, está compuesta de piezas rectas o contorneadas, según el lugar que ocupan, y ensambladas análogamente a nuestro dibujo 1290.

Enfrente de cada empalme, además del pasador, que sería insuficiente, se coloca a caballo sobre cada junta una brida de talones embutida en la zanca y fija con fuertes tornillos.

La sección de la brida varía naturalmente con los esfuerzos que ha de soportar la zanca, pero sus dimensiones medias son 45 a 50 mm. de ancho por 9 a 10 mm. de espesor y la longitud mínima de 50 cm.

En la planta, figura 1408, se ve que el hueco de la escalera es bastante considerable, por lo cual no presenta dificultad de ninguna clase la compensación de los peldaños y queda también sitio para una cabina de ascensor.



Figs. 1407 y 1408.—Escalera compensada.

Para terminar, daremos un ejemplo de zanca bastante curiosa que hemos tomado de la escalera de una casa de los alrededores de París.

Se compone de tantas piezas como peldaños y naturalmente estas piezas varían de ancho según que estos últimos sean mayores o menores en el collar (fig. 1409). El ensamble de estos elementos de zanca, propios para formar curvas cualesquiera, se hace por medio de espiga

doble postiza embutida en cajas preparadas en los elementos de zanca, y enclavijada.

Todo este sistema, muy sencillo pero algo costoso, no duraría mucho si no se tuviese la precaución de enlazar por debajo todas las piezas que forman la zanca por medio de un hierro plano atornillado a cada una de estas piezas. Este hierro plano se alabea a martillo según la misma forma de la zanca.

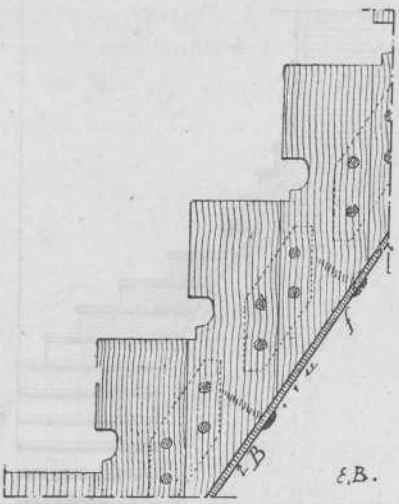


Fig. 1409. – Zanca compuesta.

A nuestro juicio, puesto que la cerrajería parece obligada a intervenir, nos parece sería más sencillo ensamblar solamente a ranura y lengüeta los elementos de zanca entre sí, o si se quiere, reemplazar las cajas y espigas por otra pletina forjada puesta de canto y fija con tornillos al interior de la zanca.

La cabeza de los elementos de zanca estaría en todos los casos mantenida por los peldaños actuando como riostras.

Escaleras en hélice. — Esta clase de escaleras se llama también de tornillo o de *caracol;* pueden estar contenidas en una caja, o bien aisladas, lo que es más corriente. Se emplean en las fábricas, las tiendas, cafés, y de un modo general en todas partes donde sólo se dispone de un emplazamiento muy reducido para establecer la comunicación entre un piso y otro.

Los peldaños, que se ensamblan al núcleo en el centro, son naturalmente radiales; de aquí resulta que sobre este núcleo su ancho es casi nulo. Además, esta escalera, para elevarse a la altura a que debe permitir el acceso, hace casi siempre más de una revolución; los peldaños superiores vienen a situarse por encima de los inferiores y es preciso preocuparse de la altura de paso, encontrando el número necesario de peldaños.

Pero no basta poner un gran número de peldaños, es decir, dividir el círculo en numerosas partes, porque no se llegaría más que a reducir la huella y no se encontraría ya el sitio indispensable para poner el pie.

La práctica ha demostrado que hay un número de escalones casi fijo y una altura de escalón sensiblemente constante. Si se toma la huella más reducida de una escalera ordinaria, o sea 0,23 m., y se aplica a una escalera de caracol de 0,65 m. de ancho con un núcleo de 0,12 m., se tendrá a 0,50 m. del eje del núcleo una línea de huella que

desarrollará 3,1415 m., y $\frac{3,1415 \text{ m.}}{0,23} = 13,74$, o sea cerca de 14 peldaños de cerca de 0,23 m. de huella.

Para la altura de paso, se dispone, pues, de 15 alturas, menos la altura de un peldaño y el grueso de la madera y de un cielorraso si existe, o sea 1 $^1/_2$ peldaños; quedarán, pues, 13 $^1/_2$ peldaños, y suponiéndoles una altura de 0,17 m., se tendrán 2,29 m. de altura de paso, muy aceptable en esta clase de escaleras.

Pero hagamos notar que hemos tomado la línea de huella a 0,50 m. del eje del núcleo, lo que obligaría a una persona subiendo o bajando a tener el eje de apoyo de sus pies a 0,21 m. de la barandilla, lo que es muy insuficiente. Por ello, en estas escaleras estrechas se tiene la costumbre de tomar la línea de huella en el centro, y tomando el mismo ancho de 0,65 m., tendremos un desarrollo de 0,77 m. $\times$ $\times$ 3,1415 m. = 2,42 m. y si conservamos la huella de 0,23 m. se tendrá $\frac{2,42}{0,23} = 10\ ^1/_2$ peldaños aproximadamente en planta, o sea 11 $^1/_2$ en altura, menos 1 $^1/_2$ peldaños, quedan 10.

Aunque demos 0,18 m. de altura a estos peldaños, no tendremos más que 1,80 m. de altura de paso, lo que es insuficiente, y lo será más aún a la llegada, donde un descanso por reducido que sea es indispensable y toma por lo menos dos escalones. Se ve, pues, que la altura de los escalones y su número en planta guardan una relación absoluta y que no se puede cambiar uno de estos factores sin influir en el otro.

Algunas de estas escaleras se hacen extremadamente reducidas, habiendo nosotros visto algunas con sólo 0,45 m. de longitud de peldaño con un núcleo de 0,10 m., es decir, 1 metro de diámetro que, tomando una huella de 0,23 m. en el centro del peldaño, no daría más que 7 $^1/_2$ peldaños o subdivisiones en planta.

Lo mejor es atenerse al método práctico de los constructores cuya especialidad son estas escaleras reducidas y que consiste sencillamente en *dividir el círculo en* 13 *partes o peldaños en planta y en dar* 0,18 *m. de altura a los peldaños.*

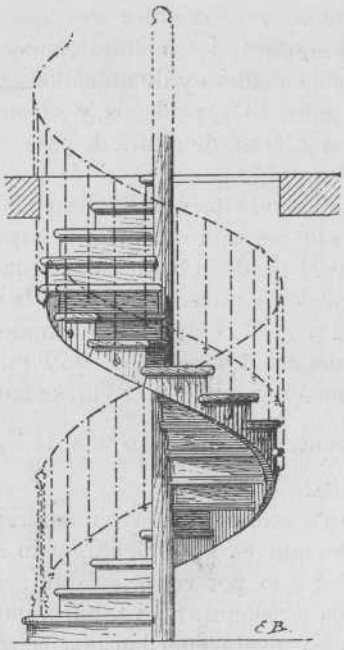
Lo más corriente es hacer estas escaleras de planta circular (figuras 1410 y 1411). Según su importancia, el núcleo o alma tiene de 12 a 16 cm. de diámetro; los peldaños tienen de 3,4 a 4,1 de espesor en la huella y de 1,8 a 2,7 en la contrahuella.

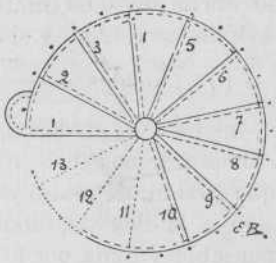
La planta (fig. 1411) está dividida en 13 partes o sectores iguales, lo que da 14 alturas de peldaños en una revolución: la altura de paso será, pues, de 14 $\times$ 0,18 = 2,52 m., de donde se debe deducir la altura del peldaño bajo el cual se debe pasar más el espesor de la huella, o sea, 0,18 + 0,04 = 0,22 m. Queda, pues, una altura de paso de 2,52 — 0,22 = 2,30 m., lo que representa una altura suficiente. Pero es preciso pensar también en la altura de paso bajo el rellano de llegada;

hemos dicho que habría que contar por lo menos con dos escalones, lo que reducirá la altura de paso a 2,30 m. — 0,18 × 2 = 1,94 m.

La zanca suele hacerse de pequeñas piezas tomadas de madera de 3,4 a 4,1 de espesor, ensambladas con rejones y unidas inferiormente por una pletina atornillada, como indicamos en el detalle *A*, figura 1412.

Otra manera de ensamblar las piezas de la zanca es como





Figs. 1410 y 1411. — Escalera de caracol.

indica la figura 1413. La forma de estas zancas, según dice Cloquet, «está determinada por dos superficies cilíndricas concéntricas que forman los costados verticales y por dos helicoides paralelos que constituyen el canto superior e inferior».

«Esta zanca está compuesta de piezas ensambladas siguiendo una línea quebrada — semejante al empalme de media madera, — comprendiendo una porción intermedia que pertenece a un helicoide paralelo a los helicoides de los cantos, y de caras normales a las hélices que forman el eje de las dos superficies inclinadas; finalmente, las dos piezas se sujetan por un perno de cabeza perdida», procedimiento de fijación común a todas las zancas de madera y que se ve claramente en la figura 1413.

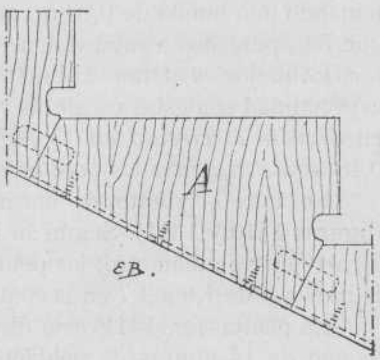


Fig. 1412. – Ensamble de zanca.

Para ser realmente sólida una escalera de este género debería

encontrar en cada contrahuella una especie de puntal o ménsula de apoyo, pero la escasa profundidad que es posible dar a la caja practicada en la zanca no permite alcanzar este resultado. Para obtenerlo aproximadamente, se pasa bajo la huella y contra la parte superior de la contrahuella un perno que atraviesa el núcleo y cuya tuerca se atornilla al exterior de la zanca. Esto puede hacerse cada tres o cuatro peldaños.

Pueden también consolidarse los peldaños con pequeñas cartelas

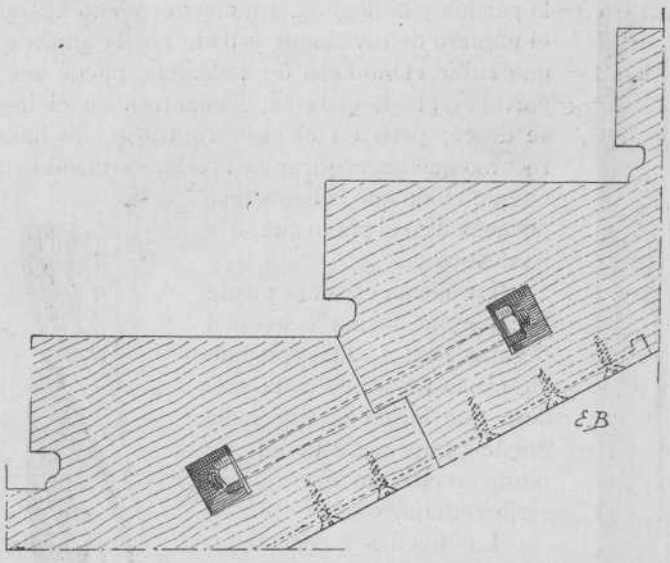


Fig. 1413. — Ensamble de zanca.

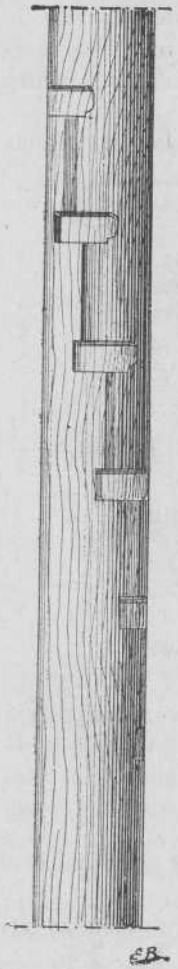
de hierro, formadas por una escuadra plana y un arco y atornilladas al núcleo y a las huellas.

El núcleo (figs. 1414 y 1415) es cilíndrico y lleva cajas en las que se ensamblan las huellas y las contrahuellas.

Viollet-le-Duc ha ideado el núcleo de escalera en hélice que reproducimos en la figura 1416 y que formaba parte de una escalera establecida en el antiguo colegio de Montaigu, en París. Este núcleo llevaba además de las cajas, un apoyo para los escalones y, a la altura conveniente, un pasamano, todo moldurado y tallado en la masa. Damos una sección en la figura 1417.

Con zanca a la francesa, el trazado de los peldaños no cambia; la zanca se construye y ensambla como los tramos en vuelta que hemos visto. No obstante, las juntas son frecuentes para evitar las piezas de madera de una escuadría demasiado grande y estas zancas pueden ser de menor espesor (figs. 1418 a 1420).

La figura 1419 es la planta indicando la división del círculo en trece partes. La figura 1420 muestra una planta tomada a la altura de llegada, estando indicado el rellano. Este rellano tiene como ancho en el centro dos anchos de huella tomados igualmente en el centro, lo que reduce como hemos dicho la altura de paso en el escalón inferior correspondiente.

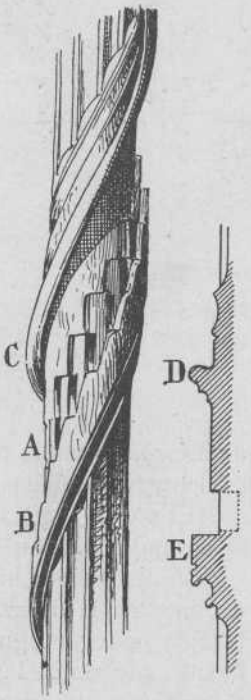


Figs. 1414 y 1415. — Núcleo.

Un grave inconveniente que presenta la escalera de hélice es que no permite situar donde se quiera la partida y la llegada. En efecto, siendo fijo en planta el número de divisiones y dado por la altura que hay que subir el número de peldaños, puede ser que la partida y la llegada se encuentren en el lugar que se desee; pero en el caso contrario, no habrá otro recurso que hacer girar la escalera situando su arranque de modo que la llegada se encuentre en el punto que se le ha destinado.

La misma escalera puede hacerse de forma octogonal (figuras 1421 a 1423) y, dando algo más de altura a la madera que forma la zanca, se puede componer ésta sólo de piezas rectas, lo que es una seria ventaja.

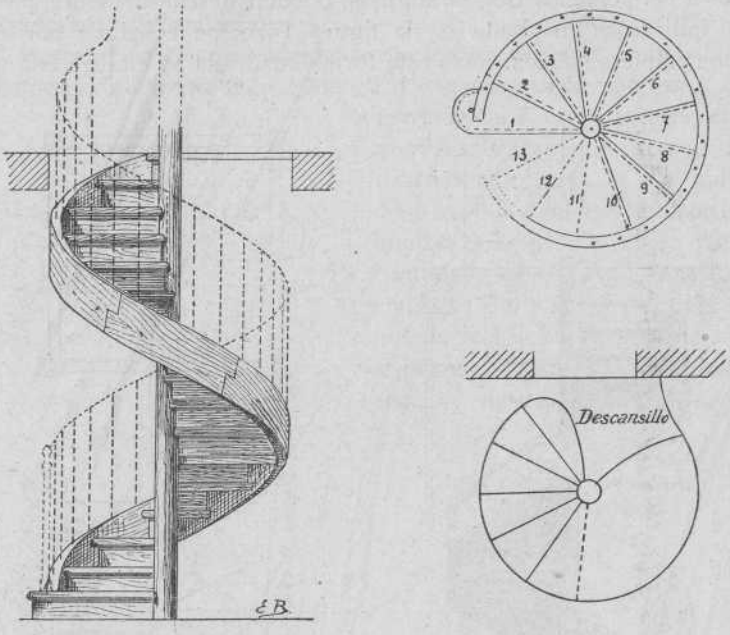
Las huellas y contrahuellas tienen sus extremos metidos en mortajas practicadas en el núcleo y en la zanca. Pueden consolidarse mediante pernos o cartelas como hemos dicho con motivo de nuestro primer ejemplo. La figura 1422 da la planta inferior y la 1423 la de llegada.



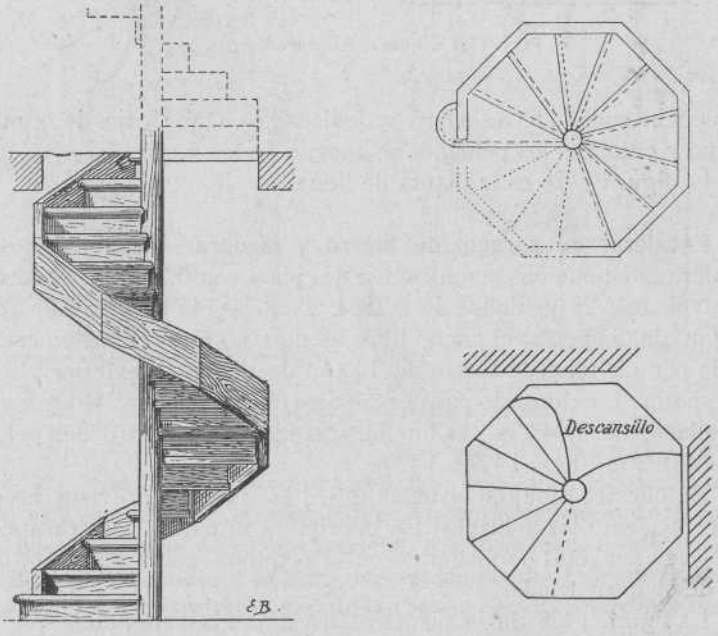
Figs. 1416 y 1417. — Núcleo con pasamano y apoyo de peldaños. Vista y sección.

Por último, estas escaleras de caracol pueden también hacerse con planta cuadrada, siendo aún el mismo el sistema constructivo (figuras 1424 a 1426).

Se puede sostener esta escalera e impedir que ceda, suspendiéndola del techo como indicamos en líneas de puntos sobre la elevación (figura 1424). O también, puesto que la forma proporciona un largo

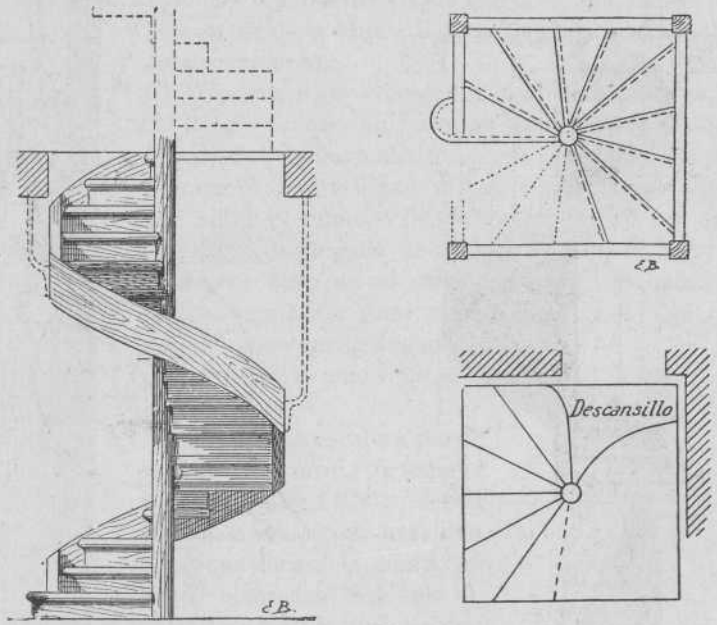


Figs. 1418 a 1420. — Escalera de caracol.



Figs. 1421 a 1423. — Escalera de caracol.

mayor a los peldaños de los ángulos, pueden descansar sobre postes como indicamos en planta en la figura 1425; se consigue por este medio completa solidez. Pero esta forma cuadrada se emplea con más



Figs. 1424 a 1426. — Escalera de caracol.

frecuencia cuando la escalera va colocada en una caja de la misma forma, y entonces los peldaños se apoyan en los muros.

La figura 1426 es la planta de llegada.

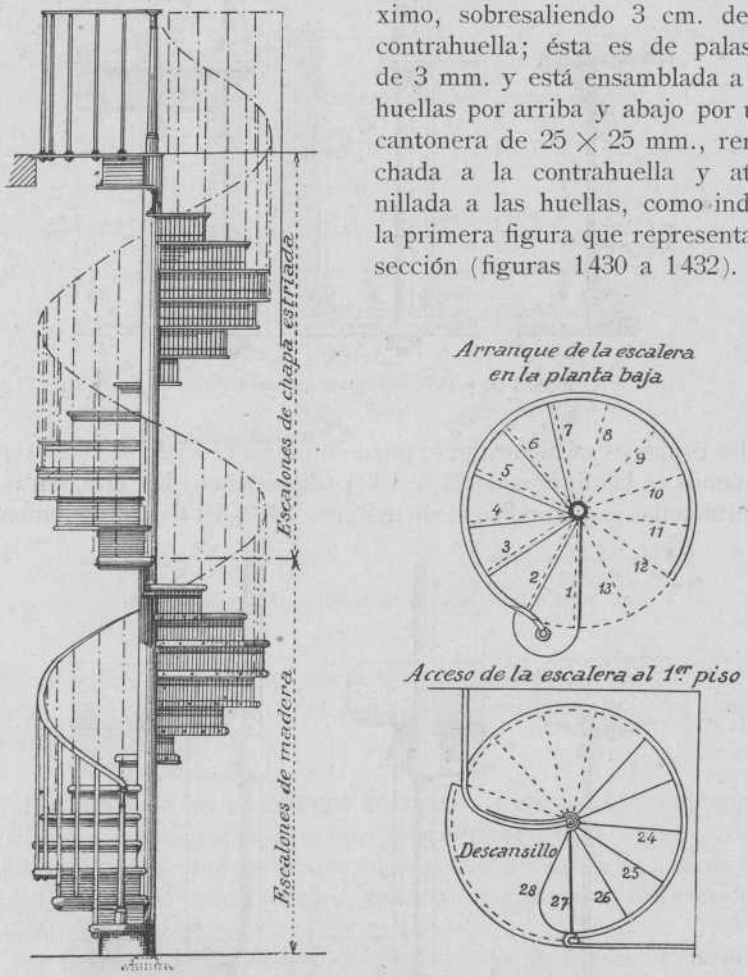
Escaleras de caracol de hierro y madera. — Examinemos una escalera que pone en comunicación dos pisos con 5,22 m. de diferencia de nivel, con 28 peldaños de 0,1864. Tiene 0,745 m. de radio, o sea 1,49 m. de diámetro; el ancho libre es de 0,65 m. y el núcleo está formado por un tubo de hierro de 12 cm. de diámetro exterior y 5 mm. de espesor. La altura de paso en una revolución es de 2,416 m., y bajo el rellano, de 2,043 m.; la huella, tomada en el centro del peldaño, tiene 0,193 m. (figs. 1427 a 1429).

En nuestro dibujo, elevación (fig. 1427), hemos previsto dos casos diferentes para los peldaños. En la primera mitad de la altura hemos empleado peldaños de madera y en la segunda, como variante, peldaños de chapa estriada.

La figura 1428 da la planta al nivel de la calle, en la que se ha situado el arranque en forma que permita la llegada a un punto deter-

minado. La figura 1429 muestra la planta en el primer piso, a la llegada, y en ella se ve el rellano.

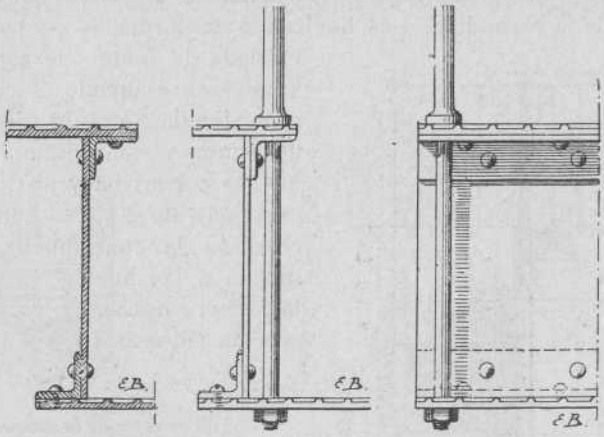
Examinemos primeramente los peldaños de chapa estriada y el montaje de la barandilla. Las huellas están formadas por una chapa estriada de 7 mm. de espesor máximo, sobresaliendo 3 cm. de la contrahuella; ésta es de palastro de 3 mm. y está ensamblada a las huellas por arriba y abajo por una cantonera de 25 × 25 mm., remachada a la contrahuella y atornillada a las huellas, como indica la primera figura que representa la sección (figuras 1430 a 1432). La



Figs. 1427 a 1429. — Escaleras de hélice.

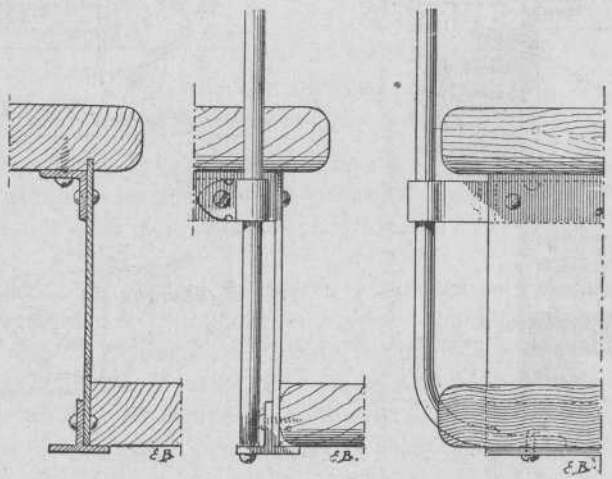
barandilla está hecha con un pasamano de hierro semirredondo de 30 × 9, montado a tornillo sobre barrotes redondos de 16 mm.; estos barrotes llevan un ensanchamiento que forma apoyo sobre la huella y después reducidos a 14 mm., atraviesan las dos huellas y van roscados por abajo, para llevar una tuerca, como se ve en las figuras 1431 y 1432, que muestran la posición del barrote de frente y de lado.

Con peldaños de madera, puede emplearse el mismo dispositivo para la barandilla, que es lo que indicamos en la elevación, figura 1427,



Figs. 1430 a 1432. — Peldaños y barandillas.

en los primeros escalones; pero puede también procederse como representamos en las figuras 1433 a 1435, disponiendo las armaduras de contrahuellas según indica el corte figura 1433. El barrote es entonces

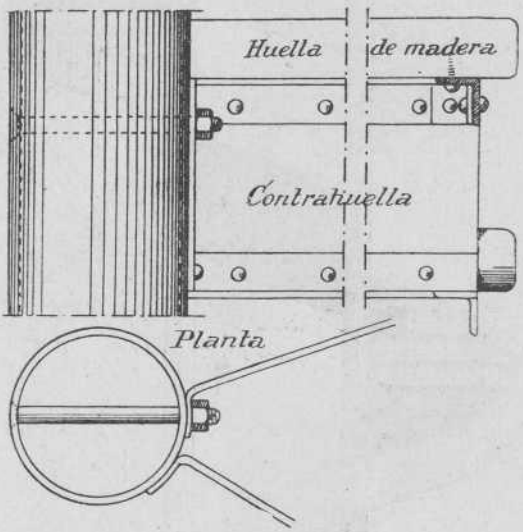


Figs. 1433 a 1435. — Peldaños y barandillas.

de cuello de cisne y patilla en la huella alta, como muestran de frente y de lado las figuras 1434 y 1435.

Como se ve, no hay más que un barrote fijo a cada peldaño en dos puntos y esto deja demasiado espacio entre barrotes, siendo preciso intercalar uno, fijo simplemente a la huella y al pasamano.

En esta escalera, cada contrahuella forma ménsula y soporta el peldaño. La ensambladura al núcleo se forma acodando la contrahuella y fijándola por su parte alta con un perno de 10 mm. que atraviesa el núcleo (figs. 1436 y 1437); inferiormente, esta



Figs. 1436 y 1437. — Unión de la contrahuella al núcleo.

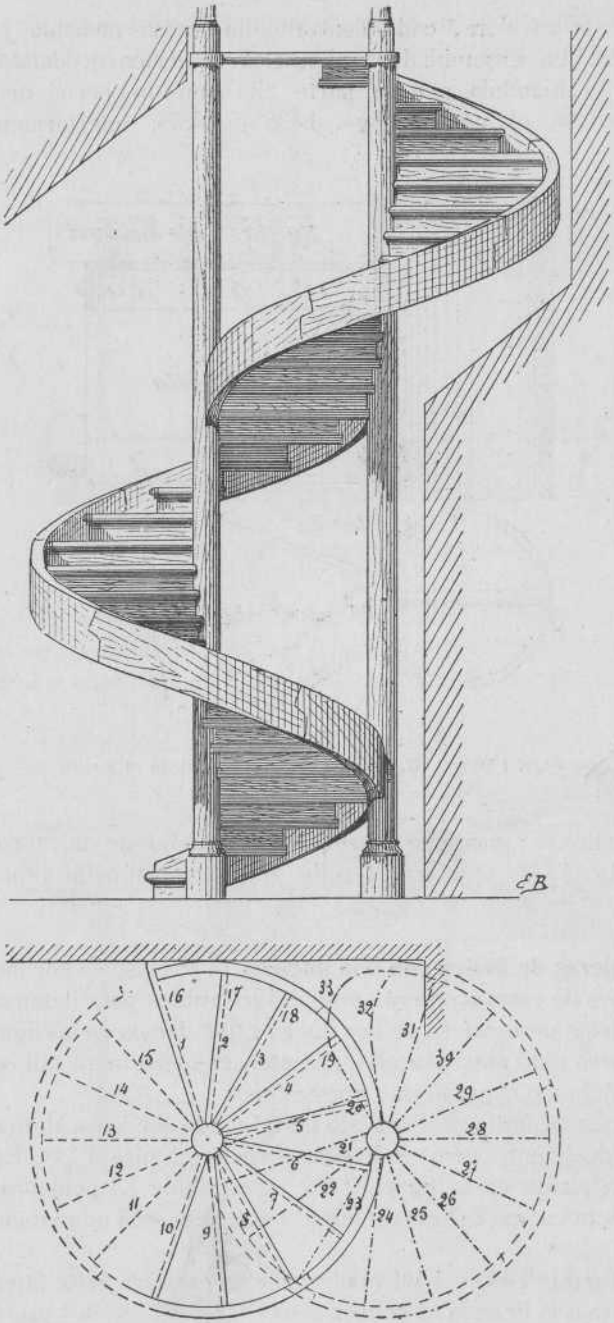
contrahuella se mantiene vertical por medio de un tornillo. La planta (fig. 1437) muestra el codo de la contrahuella y el pasador de unión.

Escaleras de hélice con dos núcleos. — Preciso es encontrarse en condiciones de emplazamiento muy desfavorables para llegar a utilizar la disposición de escalera de dos núcleos que damos en las figuras 1438 a 1441, pero todo puede suceder, y entonces quizá fuera útil conocer la solución del caso especial que presentamos.

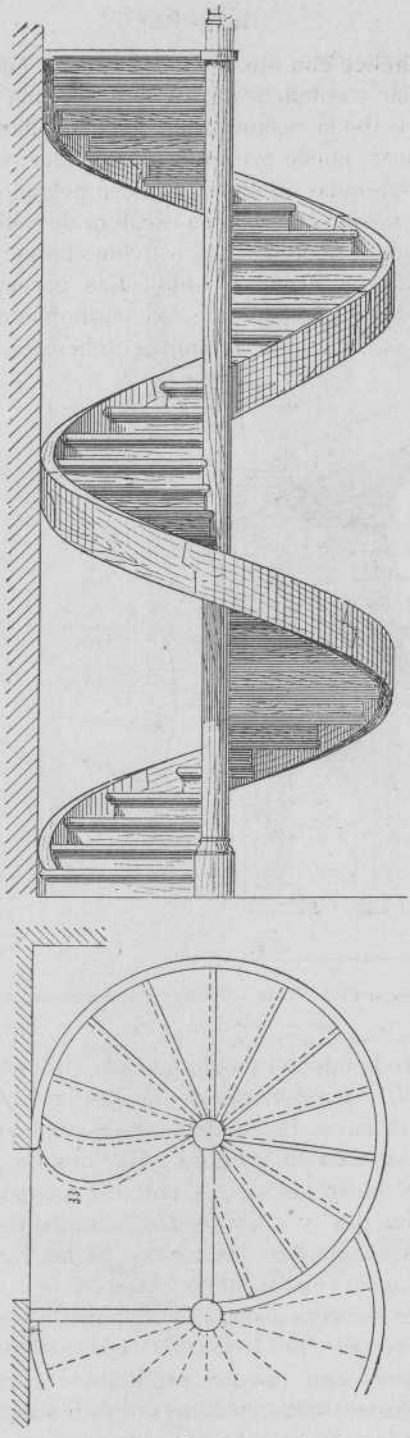
Se trata de un local dispuesto de tal modo que la escalera no puede subir verticalmente, como indica la elevación, figura 1438. Esta escalera, cuya planta es la figura 1439, comprende 33 peldaños, y para darse exacta cuenta del movimiento, basta seguir la numeración de los mismos.

Las figuras 1440 y 1441 muestran esta escalera vista lateralmente y en planta a la llegada al primer piso.

Como construcción, es idéntica a la que hemos dado en la figura 1418 y en total no difiere de ella más que por el desplazamiento horizontal de la segunda revolución.



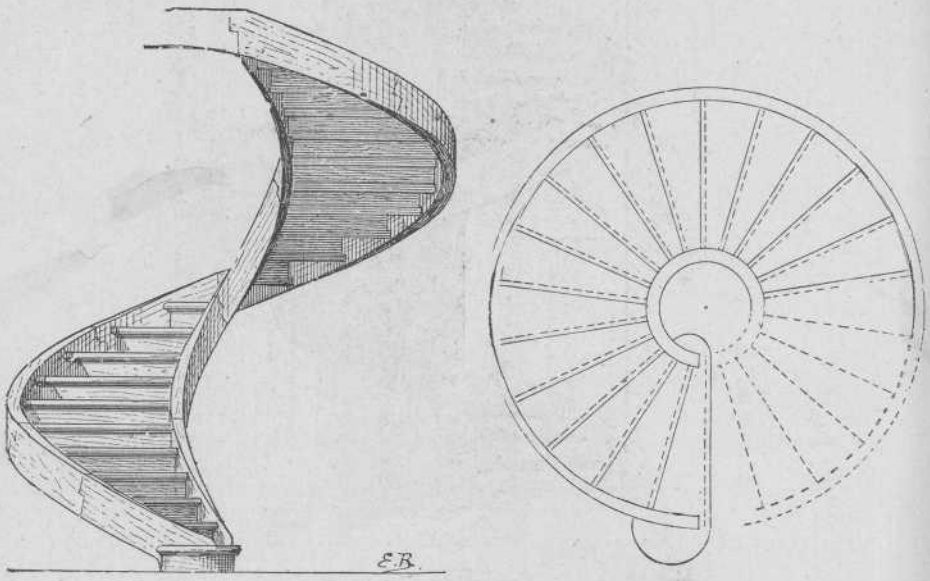
Figs. 1438 y 1439. — Escalera de dos núcleos.



Figs. 1440 y 1441. – Escalera de dos núcleos.

Escalera de hélice con ojo. — Esta escalera puede estar colocada en una caja circular y entonces no hay más que una zanca del lado del ojo y esta zanca recibe la ensambladura de los collares de los peldaños. En estas condiciones, puede presentar una solidez equivalente a la de otras escaleras contenidas en una caja y con peldaños trapeciales.

No ocurre lo mismo cuando una escalera de hélice y con ojo está enteramente aislada y tiene dos zancas, como la que representamos en elevación y planta (figs. 1442 y 1443). Las garantías de estabilidad residen en la solidez y precisión de las ensambladuras de los trozos que componen las zancas. Las juntas deben hacerse fuertemente

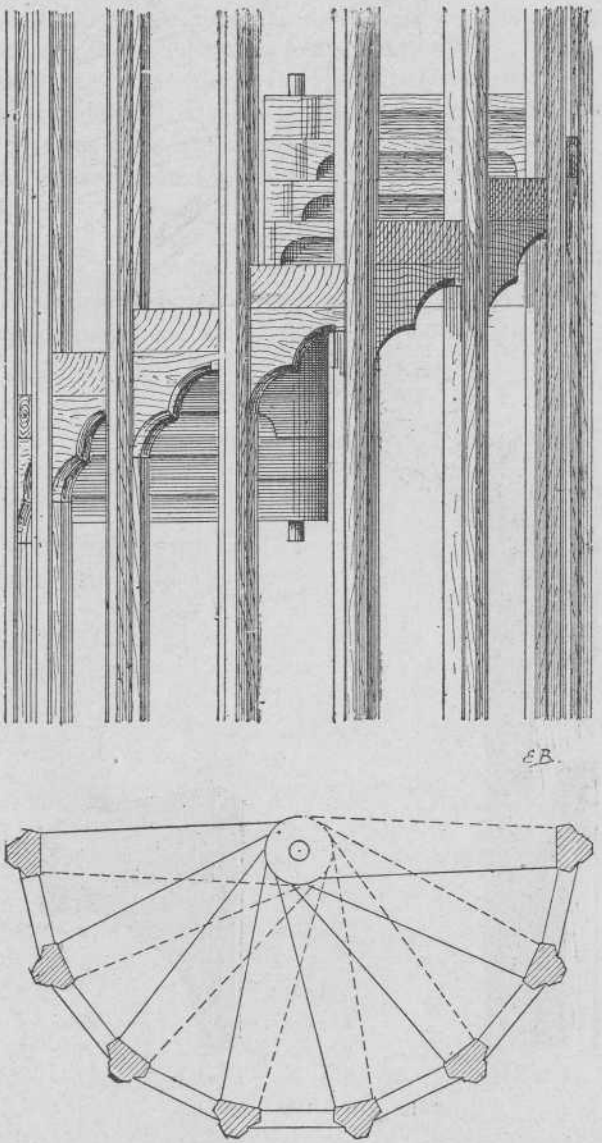


Figs. 1442 y 1443. — Escalera de hélice con ojo.

empernadas, procediendo del modo indicado en las figuras 1289, 1294, 1295, 1299 y 1301, y provistas de largas bridas embutidas en el canto inferior de la zanca. Se puede también emplear la brida continua, tal como la representada en la figura 1412, detalle *A*. Es igualmente indispensable arriostrar las zancas entre sí por medio de pernos que pasan bajo las huellas y distribuídos abundantemente. Es bueno que estos pernos acompañen las juntas de las zancas por debajo y encima a una distancia relativamente pequeña.

Esta forma de escalera aislada es siempre esencialmente elástica. Es un verdadero resorte; por lo tanto, es conveniente aprovechar todos los puntos de apoyo que puedan presentarse para enlazar la zanca exterior a una parte sólida cualquiera. Además, nada se opone a que se sostengan las dos zancas en una cierta porción de su altura

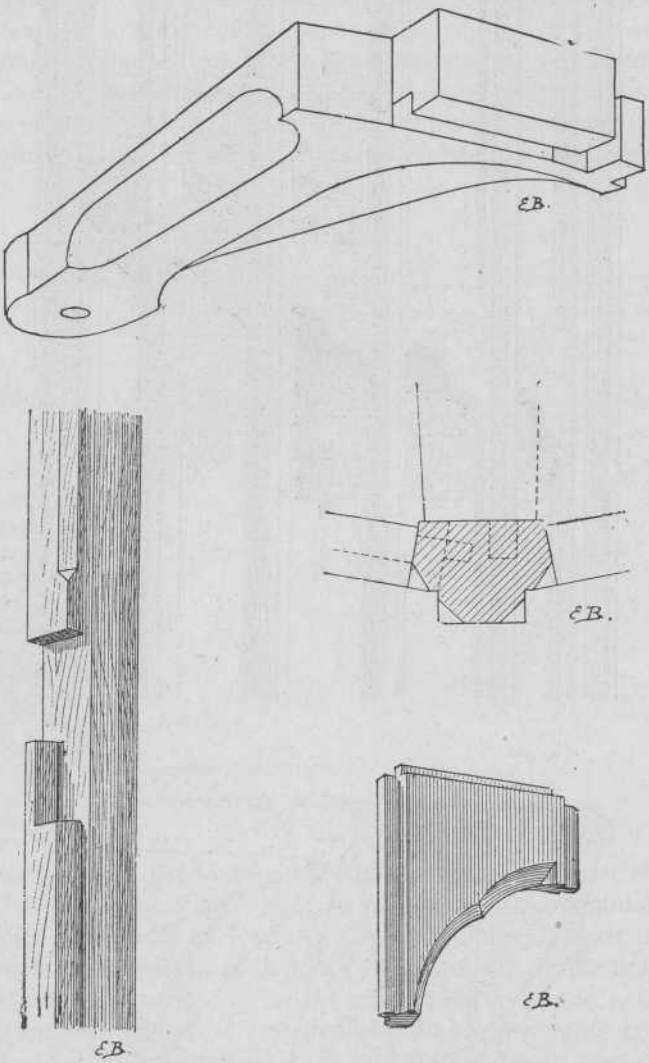
por medio de soleras, pilarejos y relleno. Otro recurso puede encontrarse en la parte superior, sirviéndose de los barrotes de la barandilla como medio de suspensión.



Figs. 1444 y 1445. – Escalera de caracol.

Escalera de caracol con aparejo de piedra. — Citemos, para terminar, una vez más a Viollet-le-Duc.

Las escaleras de caracol de piedra se hacían constituyendo el núcleo con los peldaños mismos, los cuales llevaban en su extremo dirigido hacia el centro una parte llamada, por superposiciones sucesivas, a formar el núcleo.



Figs. 1446 a 1449. — Detalles.

Es una escalera de este género, pero construída en madera, la que damos aquí; cada peldaño lleva una porción de núcleo igual a su altura y que se fija al precedente por una varilla que pasa por un agujero abierto en el eje del núcleo.

No puede construirse una escalera de esta forma sino a condición de apoyar sobre un muro el extremo opuesto al núcleo o, en defecto de muro, sobre pies derechos, como es el caso para la que damos en las figuras 1444 y 1445.

El trazado en perspectiva (fig. 1446) muestra el conjunto de un escalón con sus partes aligeradas y las de ensamble.

Los montantes están escopleados (fig. 1447) para recibir los peldaños y los cartabones, indicándose en la figura 1448, sección del pie derecho, las cajas y espigas de éstos. Los cartabones (fig. 1449) se ensamblan a los montantes y a los peldaños por medio de lengüetas que se alojan en ranuras practicadas en los primeros y bajo los últimos. Estos, o sea los peldaños, vienen a descansar en las escopleaduras de los pies derechos y sobre los cartabones.

En todas estas escaleras, es bueno, cuando se establecen sobre el suelo, hacer de piedra el primer peldaño y hacerlo soportar el núcleo.

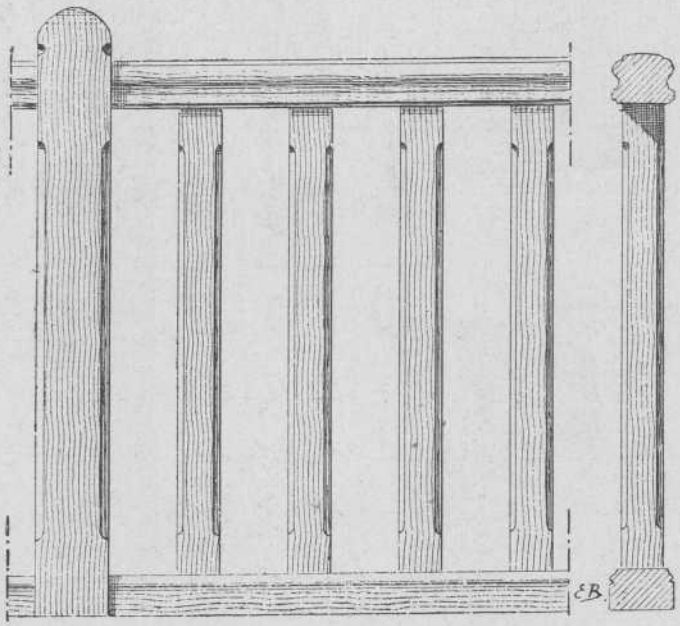
CAPÍTULO XIV

Balaustradas

Balaustradas en general

Un *balaustre* es una especie de columnita, que reproducida cierto número de veces a pequeña distancia, forma una serie coronada por una pieza transversal y que se llama *balaustrada*.

Por extensión, se ha dado este nombre de balaustre a los elementos de madera verticales que componen una barandilla de escalera, un



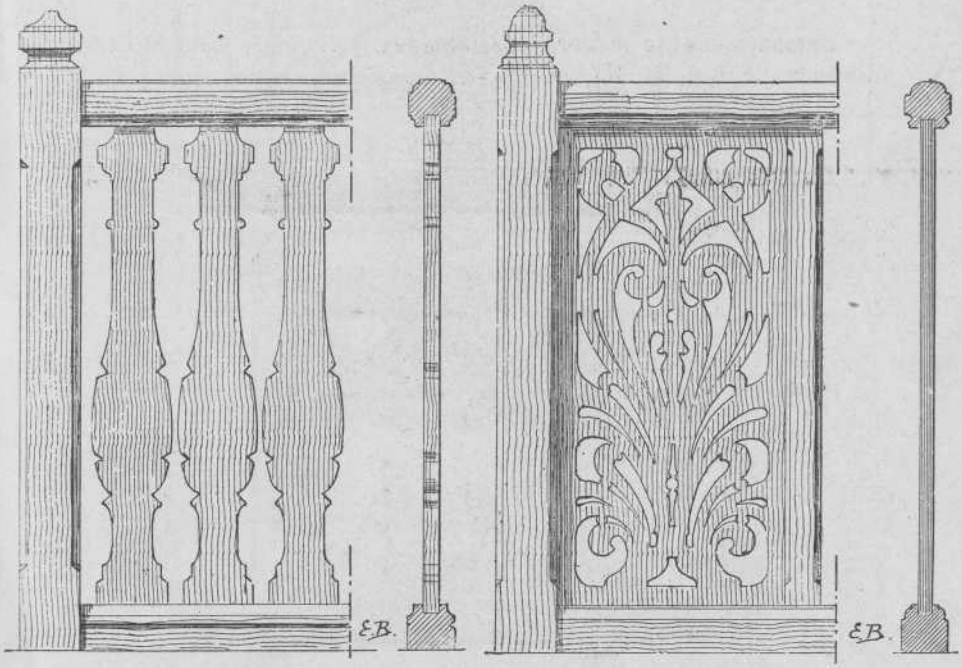
Figs. 1450 y 1451. — Balaustrada.

balcón, una balaustrada, sin tener ya en cuenta si el objeto es torneado o de sección cuadrada.

Una balaustrada es, sobre todo, una barrera de altura adecuada para apoyarse, que sirve para cerrar un balcón, una terraza, una pasa-

rela, y en general, todo lugar abrupto o escarpado de una construcción para evitar las caídas.

Tratada simplemente, una balaustrada puede estar hecha de pequeños pilaretes cuadrados, ensamblados a traviesas horizontales, y con pies derechos empotrados y sólidos, de distancia en distancia (figuras 1450 y 1451). En este ejemplo, el pie derecho o montante tiene 12 × 12 cm.; los montantes intermedios o balaustres, 8 × 8; el pasamano, 8 × 11, y la solera o plinto, 7 × 11 cm. La figura 1451 es la



Figs. 1452 a 1455. — Balaustradas.

sección de esta balaustrada, o barandilla, como también se llama corrientemente.

Todas las maderas están trabajadas de la manera siguiente: el pasamano y el plinto van moldurados como se indica en la figura 1451; los montantes están simplemente adornados con chaflanes recortados y el pie derecho se ha redondeado en curva por su cabeza y se le han hecho chaflanes recortados en las cuatro esquinas.

Por extensión, se da también el nombre de balaustradas a barreras compuestas de montantes y traviesas con relleno de madera recortada. Algunas están provistas de balaustres planos recortados en la tabla (figuras 1452 y 1453). Como se ve, los balaustres están aquí imitados por dos perfiles laterales solamente y se ensamblan arriba y abajo en

mortajas preparadas en el zócalo y en el pasamano. La figura 1453 muestra en corte esta balaustrada.

A veces no hay siquiera imitación de balaustres y el relleno se hace con paneles de madera calada a sierra del estilo indicado en las figuras 1454 y 1455. En este caso, el panel calado va embutido por todo su contorno, en los montantes, el plinto y el pasamano.

En cada uno de estos modelos, variamos todo lo posible los diversos perfiles: pasamano, plinto y cabeza de poste. La figura 1455 da la sección vertical y muestra el ensamble del panel al marco.

Balaustradas de madera ensambladas. — Siempre bajo la denominación de balaustrada, se hacen antepechos en los que poco o

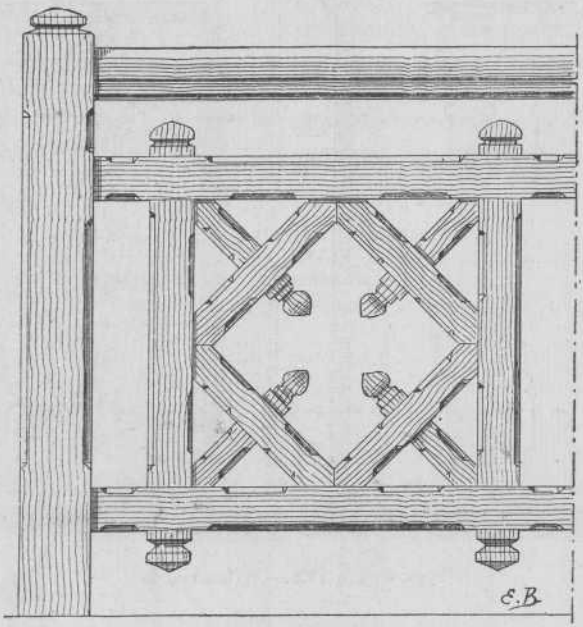
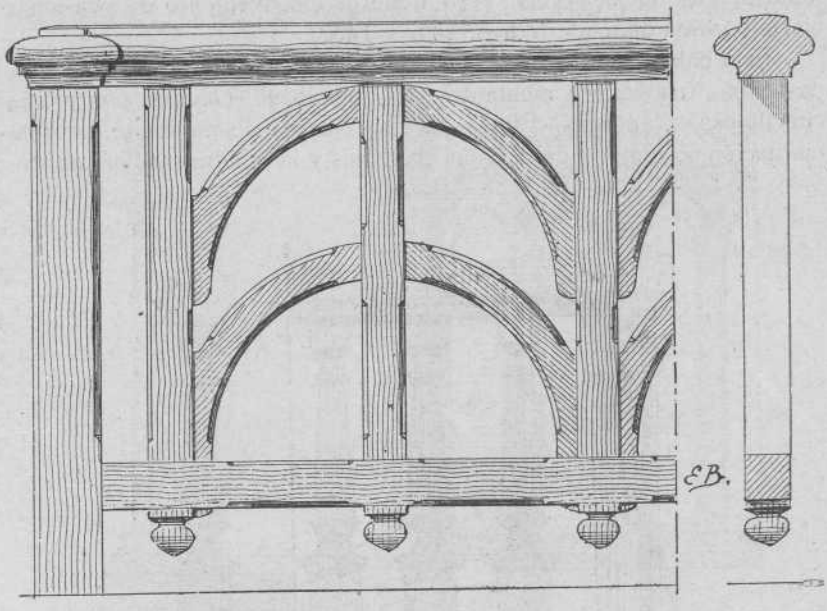


Fig. 1456. — Balaustrada.

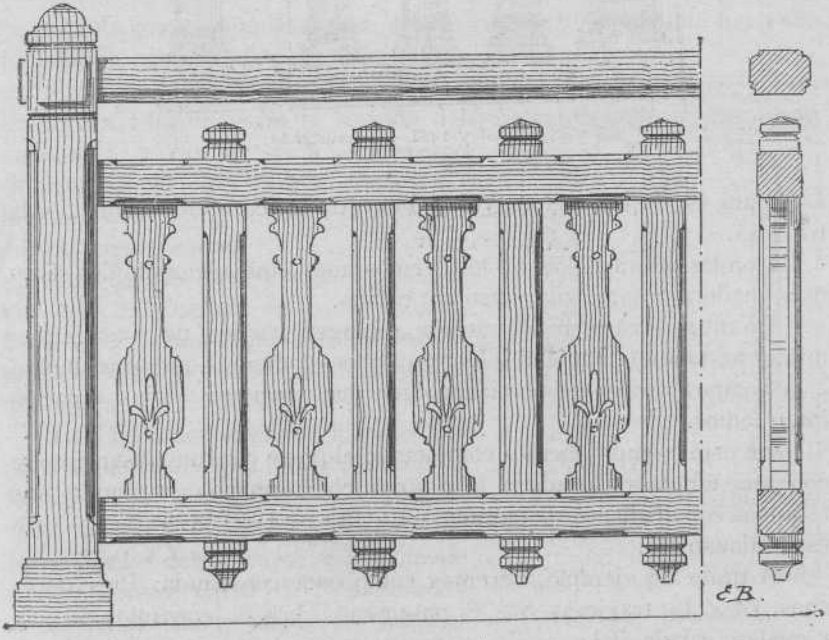
nada hay de balaustres. Nuestra figura 1456 se compone de postes, un pasamano y dos traviesas. Estas están unidas por pequeños montantes adornados con remates por arriba y abajo. En los intervalos entre montantes quedan claros que se guarnecen por piezas oblicuas.

Todos estos elementos van ensamblados entre sí a caja y espiga, y a excepción del pasamano y de algunos remates moldurados, toda la decoración consiste en chaflanes.

Otro procedimiento consiste en introducir piezas curvas entre los elementos que forman la balaustrada. Esto destruye un poco la mono-



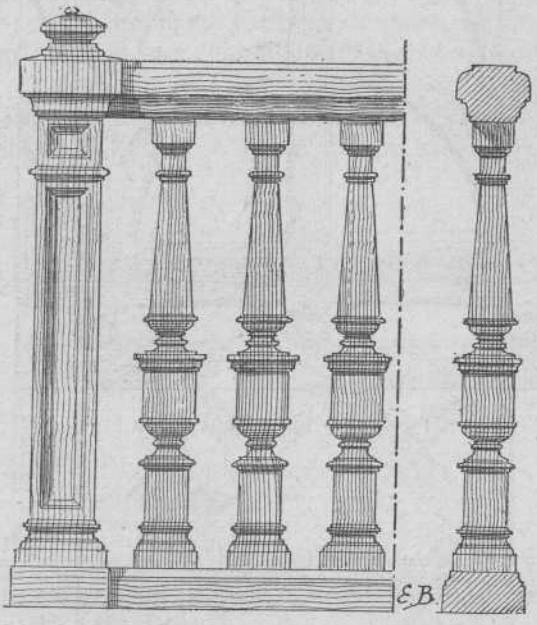
Figs. 1457 y 1458. — Balaustrada.



Figs. 1459 y 1460. — Balaustrada.

tonía de las líneas rectas, pero tiene el inconveniente de ocasionar cierta pérdida de madera (figs. 1457 y 1458).

Esta balaustrada se compone como la precedente de pies derechos, pasamano, traviesa y montantes. El relleno se efectúa por piezas curvilíneas excéntricas. Fuera de los remates de montante, la ornamentación no comprende más que chaflanes y la moldura del pasamano.



Figs. 1461 y 1462. — Balaustrada.

La figura 1458 es la sección vertical que da en corte el pasamano y la traviesa.

Con las figuras 1459 y 1460, vemos una combinación de dos sistemas, madera ensamblada y madera calada.

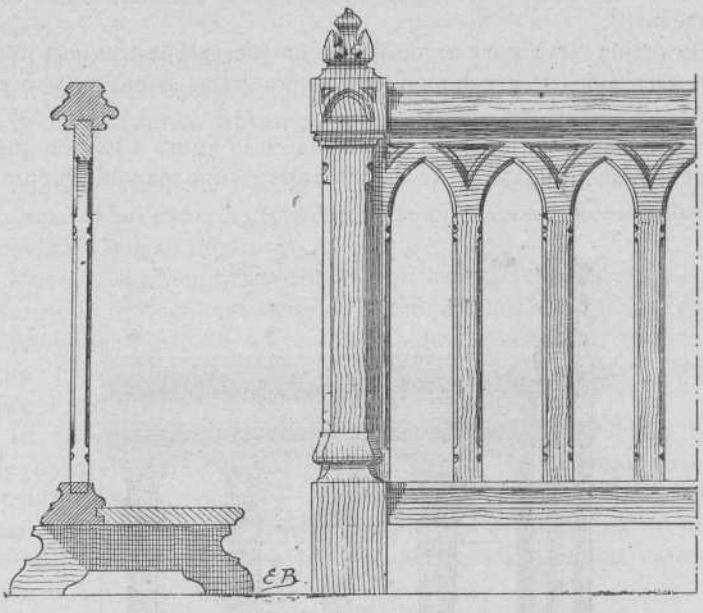
En muchos casos podrá sacarse un buen partido de este género mixto, bastando una buena selección de los elementos que contribuyan a la composición y proporcionar bien sus secciones y sus espacios intermedios.

En este ejemplo, hemos completado el poste con un basamento y con una tablita cuadrada a la altura del pasamano, decorando sus esquinas con chaflanes moldurados. La figura 1460 presenta en corte esta balaustrada.

A título de ejemplo, veremos cómo está construída: Pies derechos, 12 × 12; traviesas, 8 × 8; pasamano, 11 × 8; montantes, 7 × 7, y madera calada, 3,4.

Veamos ahora una balaustrada compuesta de elementos cuadrados

(figuras 1461 y 1462). El poste de cabeza perfilada está sacado de una



Figs. 1463 y 1464. — Balaustrada.

madera de gran escuadría, pero podría reducirse la pérdida haciendo postizas la cabeza y la basa. Está adornado con tablas remetidas molduradas. La figura 1462 muestra la sección del pasamano y de la suela, al mismo tiempo que la cara lateral de los balaustres que, como se ve, son idénticos por las cuatro caras.

Las figuras 1463 y 1464 representan una balaustrada de comulgatorio, compuesta de montantes terminados superiormente por ojivas equiláteras que le dan un carácter adecuado a su destino.

Con frecuencia, en las iglesias, estas balaustradas van colocadas cerca de las gradas del altar y la última de éstas sirve a los fieles para arrodillarse. En los demás casos, el escalón de madera forma parte del basamento de la balaustrada, como en nuestro ejemplo y según la sección, figura 1464.

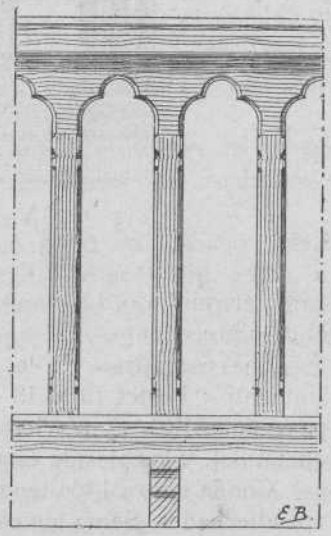


Fig. 1465. — Balaustrada.

La composición es la misma que la de las restantes balaustradas,

colocando pies derechos a distancias determinadas por la fuerza del pasamano, que sirve de traviesa para consolidar los elementos por sus cabezas.

El escalón sirve para arrodillarse, da fuerza a la traviesa inferior y está sostenido de trecho en trecho por patas como se ven en la figura 1463.

Una sencilla variante está diseñada en la figura 1465, en que las ojivas están sustituídas por arcos trilobulares que dan también cierto

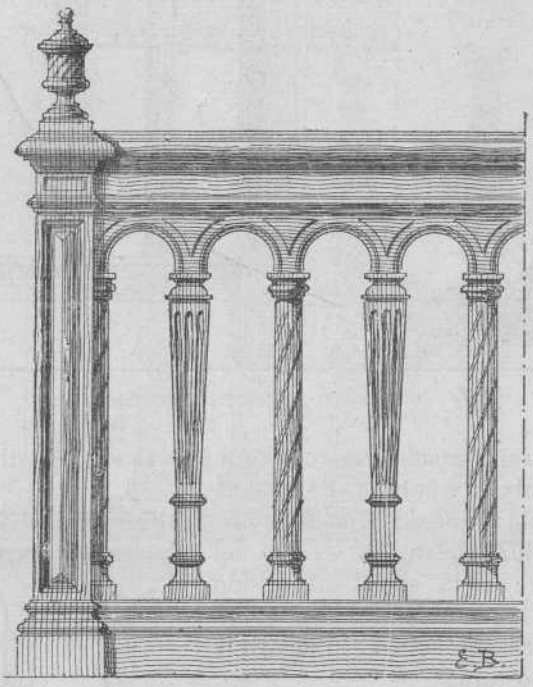


Fig. 1466. — Balaustrada.

carácter religioso. La composición del reclinatorio es la misma que en el caso precedente.

Las escuadrías de las maderas en estas balaustradas son las siguientes: Postes 13 × 13 en la basa y cabeza, 9 × 9 en el fuste; pasamano, 12 × 8; traviesa inferior, 8 × 11; montantes, 5 × 5; banqueta, 3,4, y los pies de ésta, 5 cm.

Con la figura 1466 tendremos que hablar nuevamente de los motivos alternados. Se ve, en efecto, que esta balaustrada está compuesta de balaustres torneados y balaustres de sección cuadrada. Esto rompe, según hemos dicho, la monotonía de elementos siempre semejantes y proporciona al mismo tiempo un feliz efecto decorativo.

Sobre los balaustres se superponen arcadas ensambladas al pasamano y adornadas de pequeñas molduras y tablitas salientes en las enjutas.

El poste está tallado en molduras remetidas y lleva una tabla en bisel, estando coronado por un vaso ornamental. Los balaustres, además de las molduras, llevan en el fuste acanaladuras verticales o en hélice.

Aunque ya hemos dado numerosos modelos de balaustres, se encontrará aquí todavía un surtido que puede responder a todas las necesidades que se presenten.

Veamos algunas balaustradas con balaustres torneados. Siendo constante la osatura resistente de la balaustrada, salvo las variaciones que puedan introducirse en las molduras, véase en primer lugar (figura 1467) una balaustrada compuesta de balaustres redondos hechos a torno y con su capitel y basa cuadrados.

El asiento de una parte cilíndrica sobre un cubo regular suele hacerse defectuosamente y dejando desocupados triángulos importantes a veces: sobre esta figura 1467 indicamos el medio de evitar este mal efecto. Basta matar los vértices según un arco de círculo o una curva cualquiera que se traza en las caras antes del corte.

La figura 1468 no se distingue de las balaustradas ya vistas sino por la forma de los balaustres que no tienen panza propiamente dicha, sino una especie de fuste curvilíneo muy alargado.

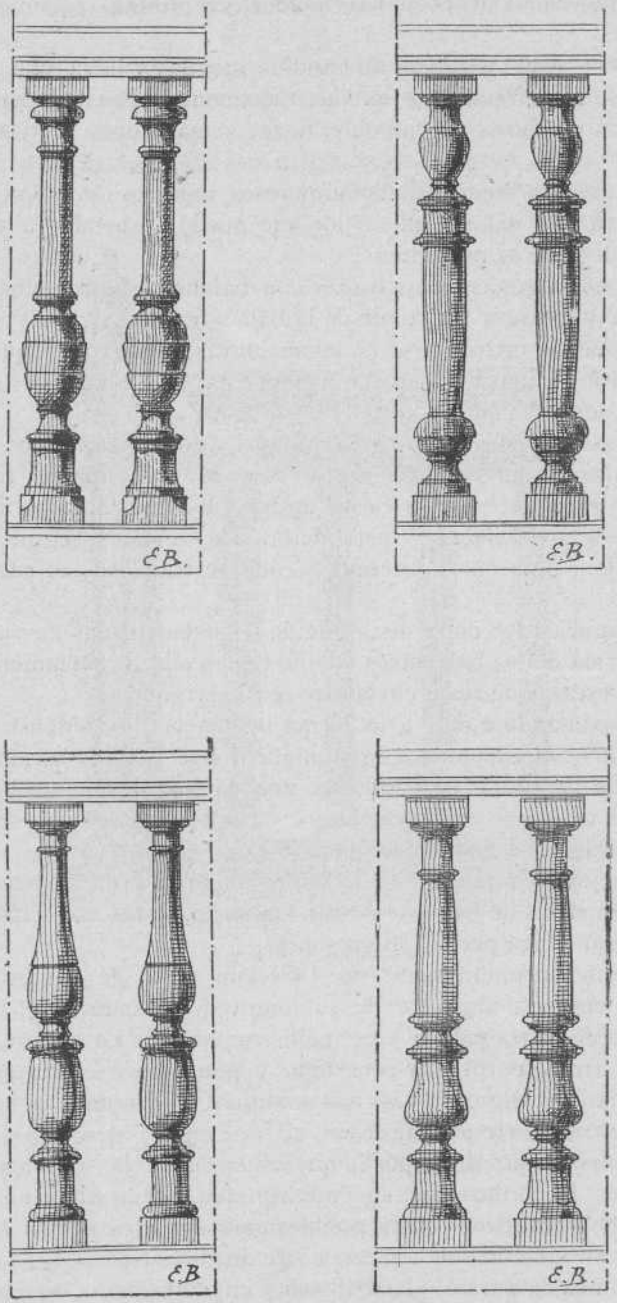
Aproximándose más a la forma ordinaria, los balaustres de la figura 1469 están montados igualmente sobre suela y pasamano. El modelo de la figura 1470 nos da una balaustrada cuyos balaustres torneados tienen un cuello curvilíneo y cuya panza de doble curvatura recuerda algo la forma de una pera.

Los ejemplos que siguen no son más que un pretexto para dar aún algunos modelos de balaustres. Sin embargo, éstos son cuadrados y presentarán quizá perfiles interesantes.

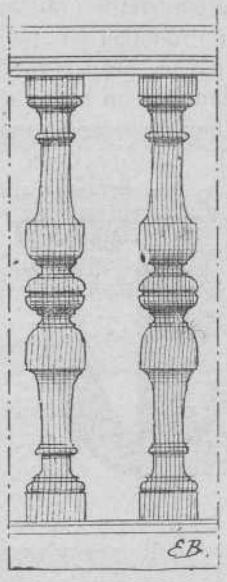
Tenemos primeramente (fig. 1471) un perfil de balaustre simétrico con respecto al centro de su longitud. Después (fig. 1472), un balaustre de panza cúbica con cuello curvilíneo. La figura 1473 da un balaustre de perfil muy recortado y que ofrece cierta elegancia. Por último, la figura 1474 nos restituye la verdadera forma del balaustre con fuerte panza.

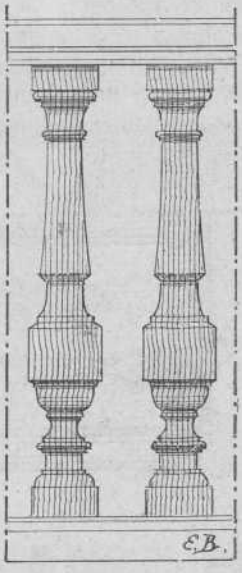
Poco podremos decir por lo que concierne a la separación entre balaustres. Recordaremos, sin embargo que, por destino, una balaustrada debe garantizar contra posibles caídas y que es preciso en todo caso que un niño no pueda pasar entre dos balaustres.

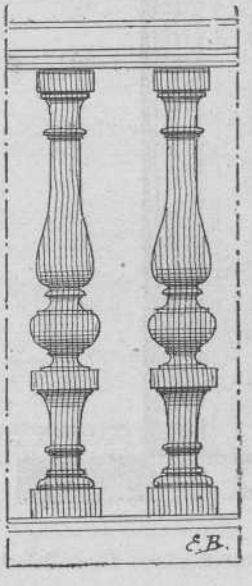
Esto nos da para el claro 13 cm., cuya distancia se encontrará reducida desigualmente según el perfil adoptado, que no dejará nunca un claro uniforme.

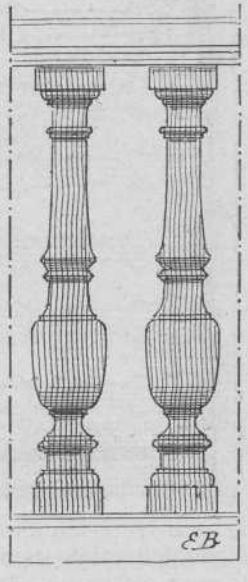


Figs. 1467 a 1470. — Balaustradas.





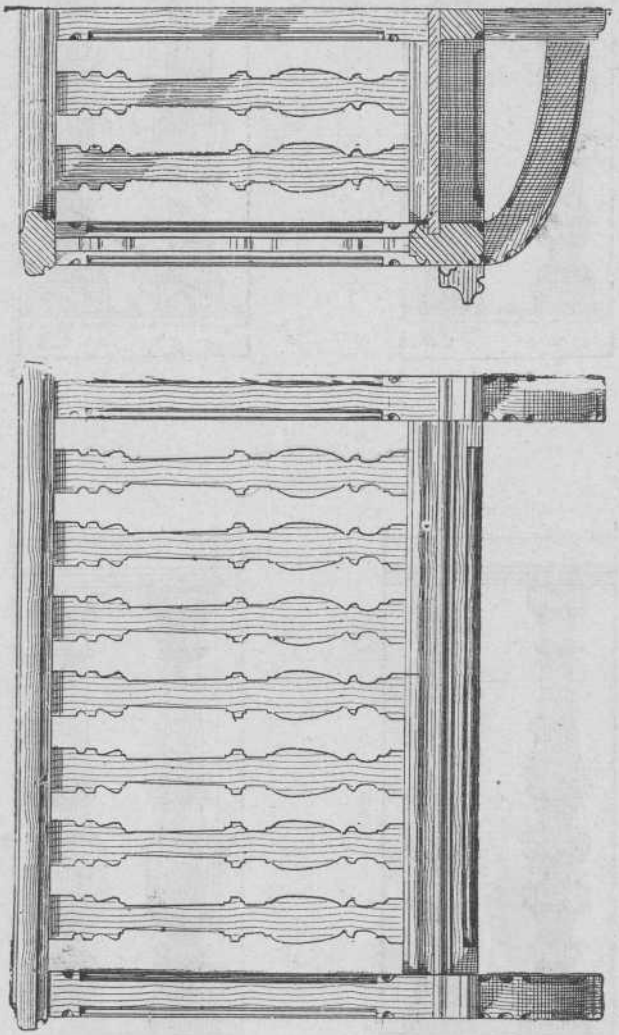




Figs. 1471 a 1474. — Balaustradas.

Balcones

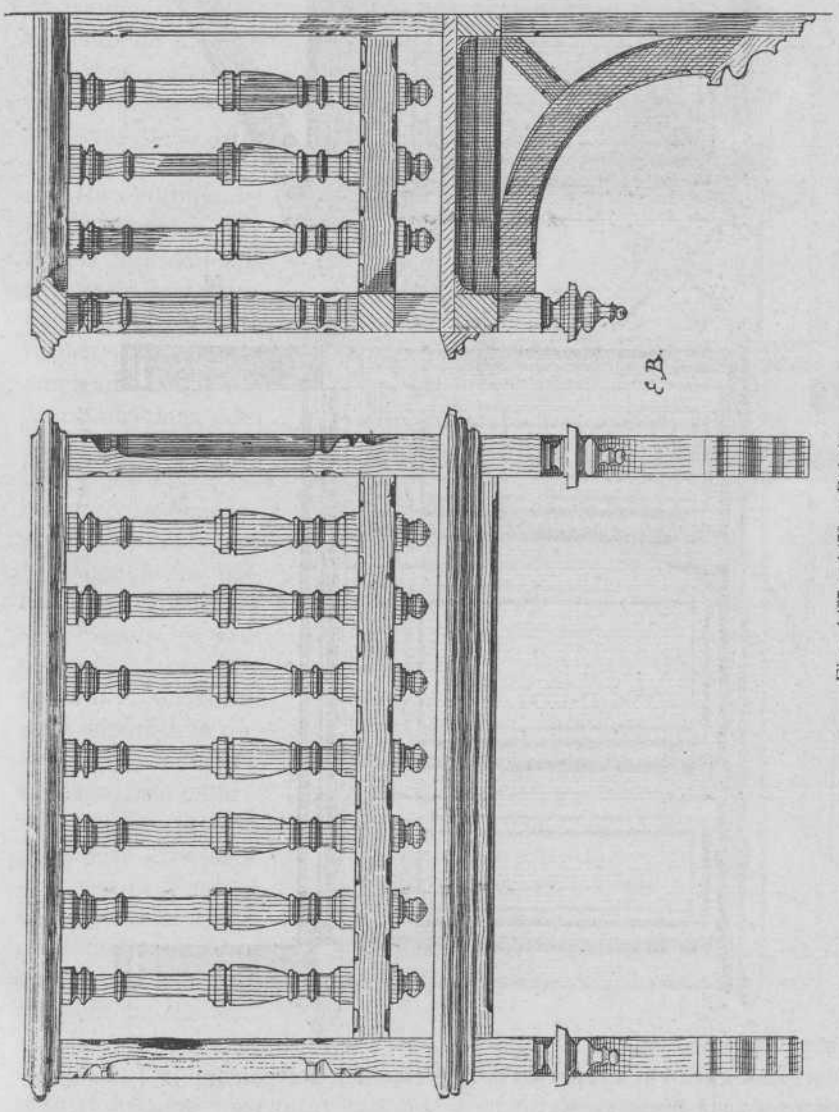
Un balcón es un saliente sobre el plano de un muro y está sostenido por ménsulas, columnas o cualquier otro medio que asegure una solidez suficiente.



Figs. 1475 y 1476. — Balcón.

Formado generalmente por una balaustrada o barandilla que comprende dos paños laterales, el balcón tiene por lo menos dos cartelas que sostienen los montantes de las esquinas y algunas veces montantes

sobrepuestos al muro sobre los que se ensamblan las traviesas inferiores que llevan el entarimado. La traviesa alta, moldurada, constituye el pasamano. El relleno puede hacerse de madera calada como en nuestras figuras 1475 y 1476 y afectar un dibujo de balaustre.

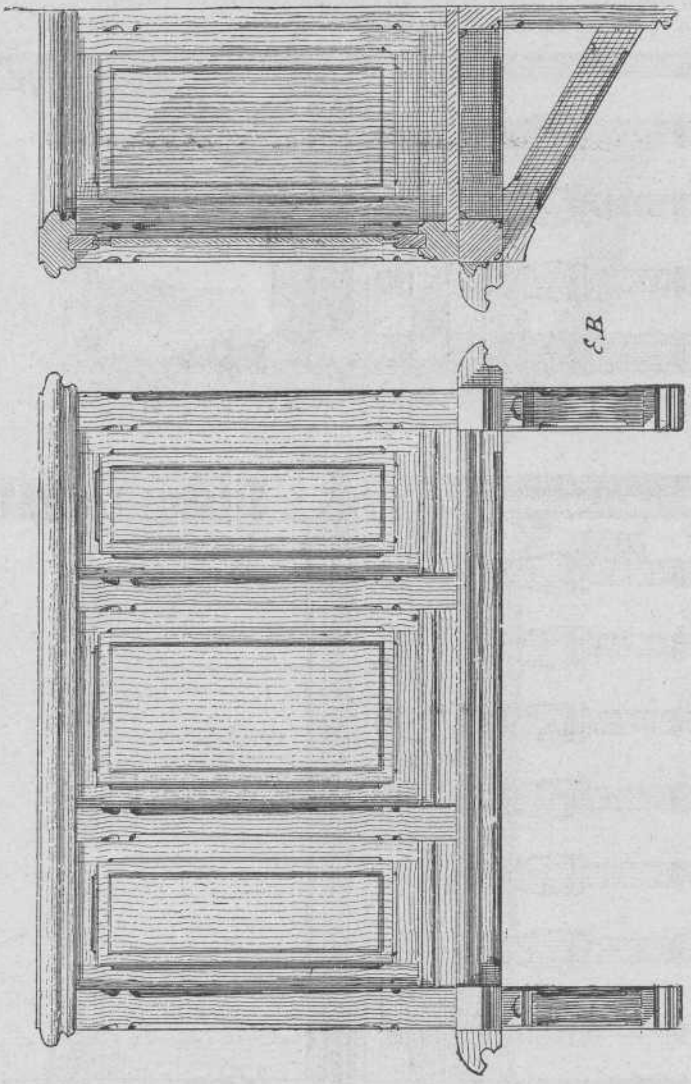


Figs. 1477 y 1478. — Balcón.

De una manera más sólida, pero también más costosa, puede construirse el balcón con verdaderos balaustres y hacer el resto en armonía.

Nuestro ejemplo, figuras 1477 y 1478, es de esta clase. Comprende dos ménsulas con tornapuntas curvos de madera de 9 × 9, aliviados en

su centro por otro pequeño tornapunta. Los montantes tienen la misma escuadría; los adosados al muro se reducen a la mitad; el pasamano, 18 × 8; la traviesa, 8 × 8, y los balaustres, de la misma escuadría.



Figs. 1479 y 1480. — Balcón.

La figura 1477 representa la elevación del balcón; la 1478 da el corte y vista transversal.

El dibujo indica los perfiles de una manera suficiente para ahorrarnos su descripción. Llamaremos solamente la atención de nuestros lectores sobre los pronunciados chaflanes de los montantes de las esquinas, que ofrecen muy buen aspecto, ejecutados.

Se hacen también balcones enteramente llenos, y aunque el caso no sea muy frecuente, nos creemos obligados a dar un ejemplo.

La parte constructiva es análoga a los que hemos dado antes, pero el relleno es diferente. Está hecho de paneles de revestimiento de tableros pequeños, embutidos en los montantes y traviesas (figs. 1479 y 1480).

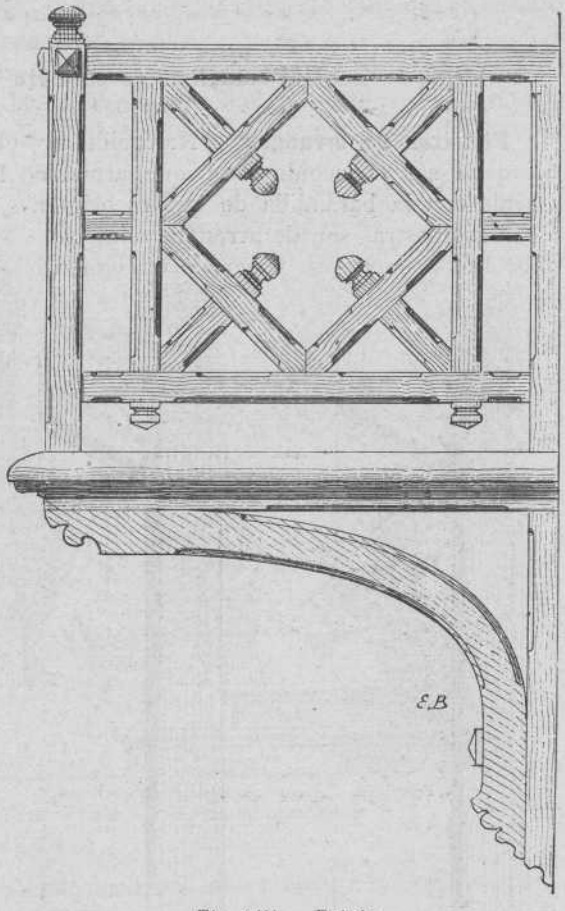


Fig. 1481. — Balcón.

En el dibujo del balcón precedente hemos figurado una cartela de forma curva; para el que ahora nos ocupa, hemos empleado la que encontramos más adecuada, por ser más sólida y que está compuesta enteramente de piezas rectas.

Cuando los balcones son de grandes dimensiones, es preciso poner traviesas en número suficiente para soportar el entarimado. A veces también, este entarimado está sustituído por tablas gruesas y aun por maderos; se deja entonces entre cada tabla o tablón un ligero espacio que deje a la madera contraerse y dilatarse libremente y que permita el paso al agua procedente de las lluvias.

En los balcones con entarimado, es preciso siempre recubrir esta superficie con zinc o plomo; es muy útil dejar las pendientes necesarias para el desagüe y asegurar su salida por pequeños canales o caños que las arrojen al exterior.

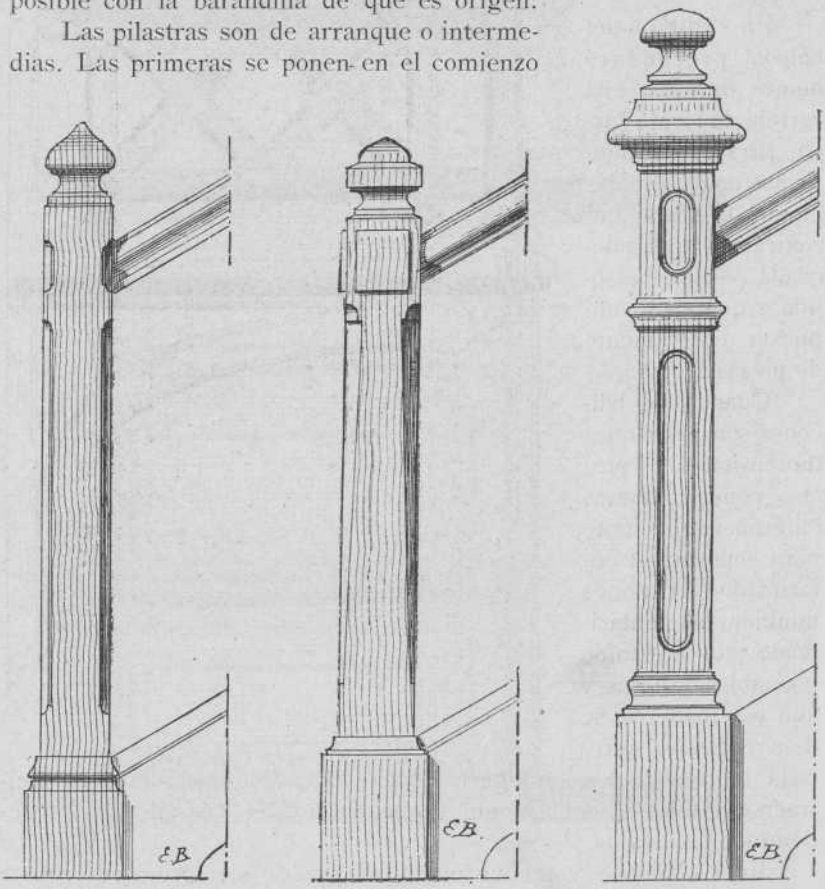
Nuestro último ejemplo será un balcón de madera ensamblada (figura 1481), que es del mismo estilo, en cuanto balaustrada, que nuestra figura 1456 vista anteriormente.

La ménsula se presenta curvada, a pesar de que con ello se desperdicia madera, pero hay que convenir en que la forma curvilínea es más grata a la vista y es preciso sacrificar algo a la cuestión de aspecto.

Barandillas de escalera

Pilastras de arranque. — Naturalmente, el diseño de una pilastra debe ser concebido para que armonice lo más perfectamente posible con la barandilla de que es origen.

Las pilastras son de arranque o intermedias. Las primeras se ponen en el comienzo



Figs. 1482 a 1484 — Pilastras de arranque.

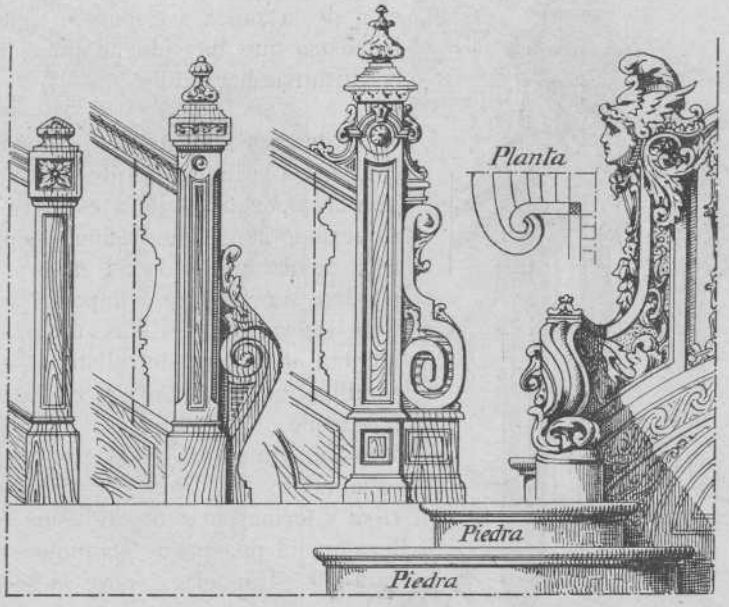
de la barandilla y las segundas en la intersección de las zancas o en la llegada a los rellanos.

Nuestro primer ejemplo (fig. 1482) es de lo más sencillo que puede hacerse. Sacado de una pieza de 12×12, tiene por toda decoración

una cabeza moldurada, chaflanes recortados en las esquinas y una basa compuesta de tres piezas molduradas ensambladas a inglete.

La pilastra de madera puede fijarse sobre el peldaño de piedra por un fuerte rejón central de hierro o por tres varillas planas empotradas igualmente y que quedan disimuladas con el zócalo. Además va ensamblada a la zanca y al pasamano.

Una pilastra de la misma clase se representa en la figura 1483. Está algo más trabajada, adornada de chaflanes desvanecidos que le dan en la parte superior una sección casi octogonal, mientras que por



Figs. 1485 a 1489. — Pilastras de arranque.

abajo la sección sigue siendo cuadrada. Dos tablitas a la altura del pasamano completan la decoración.

La pilastra, figura 1484, se distingue de las precedentes por su cabeza de gran relieve que no está sacada del cuerpo de la pilastra, sino postiza, lo mismo que el astrágalo y la basa. Decoran esta pilastra por las cuatro caras tablas en hueco bordeadas de ligeras molduras remetidas.

Con la figura 1486, damos una pilastra más rica en la que un poco de talla viene a poner su nota ornamental.

La cartela final está aquí invertida a fin de ocupar poco lugar sobre el peldaño de piedra. La cabeza y el estilobato pueden ser, ya postizos, ya sacados de una pieza más gruesa que el cuerpo de la pilastra. La decoración de este cuerpo está hecha de chaflanes molduradas

y de tablas rehundidas. La cartela, labrada aparte, va aplicada a la pilastra.

En esta figura también damos el principio de la zanca y de la barandilla; hemos añadido asimismo un balaustre a título de ejemplo.

Se hacen también pilastras de una gran riqueza; véase un ejemplo (figura 1489), que tomamos del *Recueil d'Architecture,* de Wulliam et Fargue. Esta pilastra, como muestra el dibujo, está establecida sobre planta curva y descansa sobre la zanca, terminada por una voluta.

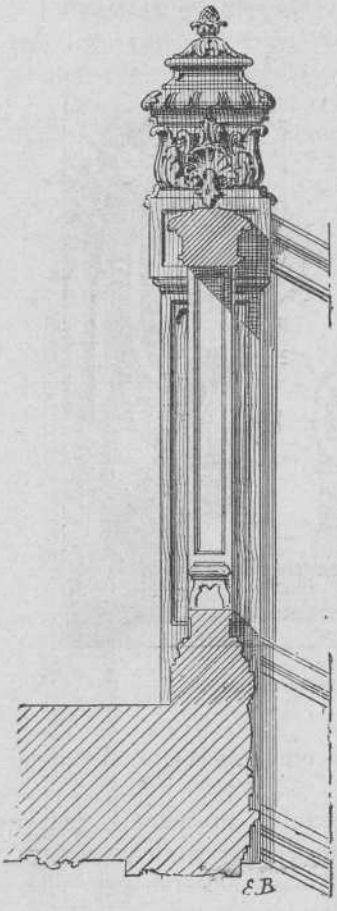


Fig. 1490. — Pilastra intermedia.

Sobre esta figura se ve la decoración de la zanca así como el tipo de balaustre que ha sido adoptado para constituir la barandilla.

Pilastras intermedias. — Estas se colocan en la llegada al descanso. Según la importancia de la escalera y la riqueza de la ornamentación, las pilastras de arranque dadas más arriba pueden servir para componer pilastras intermedias. Estas últimas se montan en la viga de rellano y se ensamblan también con la zanca y el pasamano.

Nuestra figura 1490 está tomada igualmente del *Recueil d'Architecture* y forma parte de la misma escalera que la pilastra de arranque (figura 1489). En corte, se ve la sección del pasamano.

Balaustres de sección cuadrada. — Pueden hacerse estos balaustres sacándolos simplemente de una madera de 6 a 8 cm. de lado, achaflanando las cuatro esquinas y ensamblando a caja y espiga en la zanca y en el pasamano.

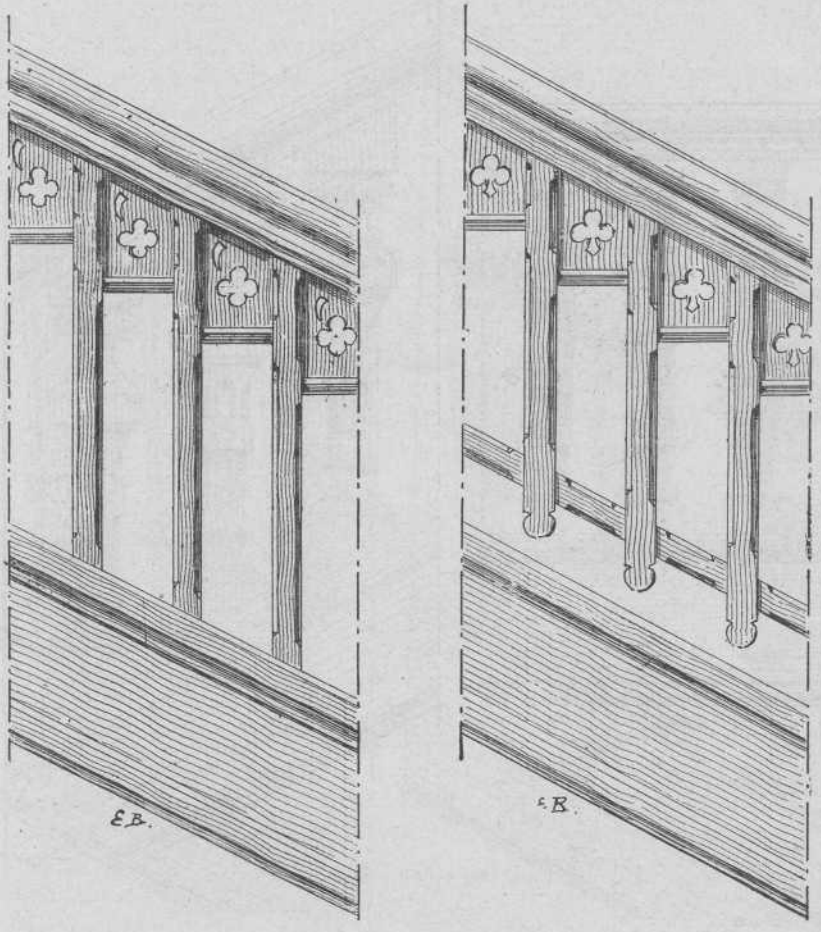
La figura 1491 es de este género tan sencillo. Le hemos añadido solamente por arriba un tablerillo calado que guarnece y concurre a triangular la barandilla.

En el mismo orden de ideas, la figura 1492 presenta los mismos montantes que el modelo precedente, pero ensamblados a media madera por abajo a una traviesa.

Es preciso en este caso buscar un apoyo para esta traviesa, lo que

se consigue poniendo de trecho en trecho un montante más fuerte que los balaustres, que va ensamblado a la zanca y sostiene el pasamano.

Se hacen también estos balaustres más adornados, con molduras y canales, según el modelo representado en la figura 1493. Este modelo



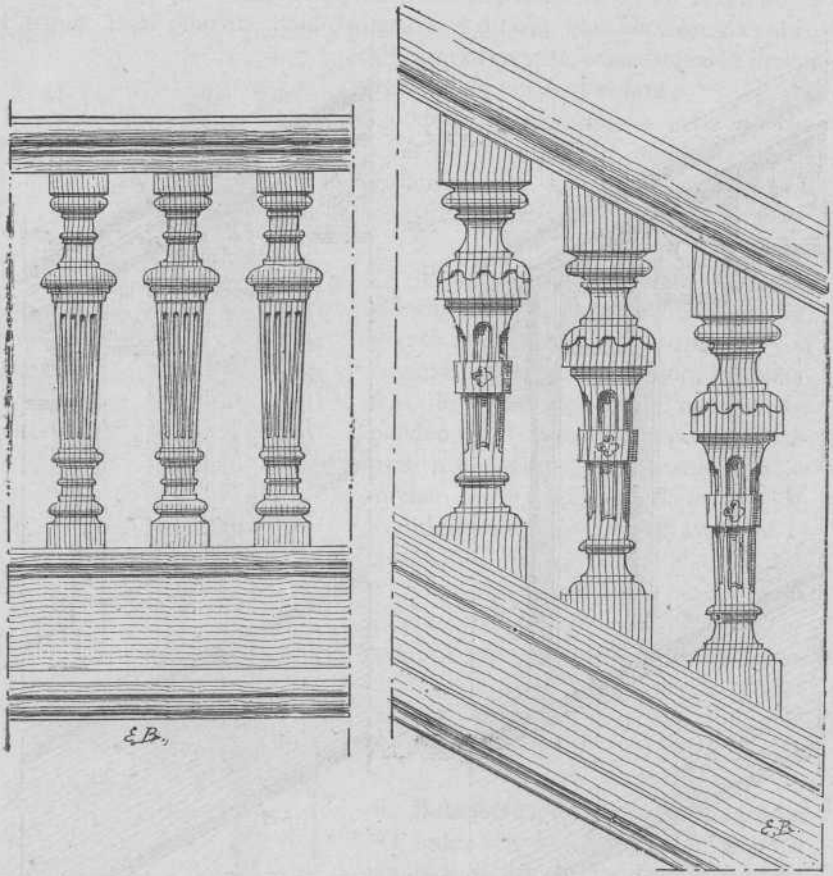
Figs. 1491 y 1492. — Balaustres.

se ha tomado de un trozo en rellano, pero puede utilizarse en una parte en pendiente, bastando para ello dar a sus extremos el corte necesario.

La figura 1494 nos ofrece un balaustre de forma más rica sacado de una pieza gruesa de madera, de 15 × 15. Lleva un molduraje muy acentuado y está provisto de chaflanes y rehundidos.

Con la figura 1495 encontramos un poco de talla en bajorrelieve. El molduraje es muy sobrio y, como los anteriores, estos balaustres penetran en la zanca y en el pasamano para tener un sólido ensamble.

De un dibujo más complicado es el ejemplo de la figura 1496, que lleva, además de las molduras, canales y ovas o abullonados. Hemos

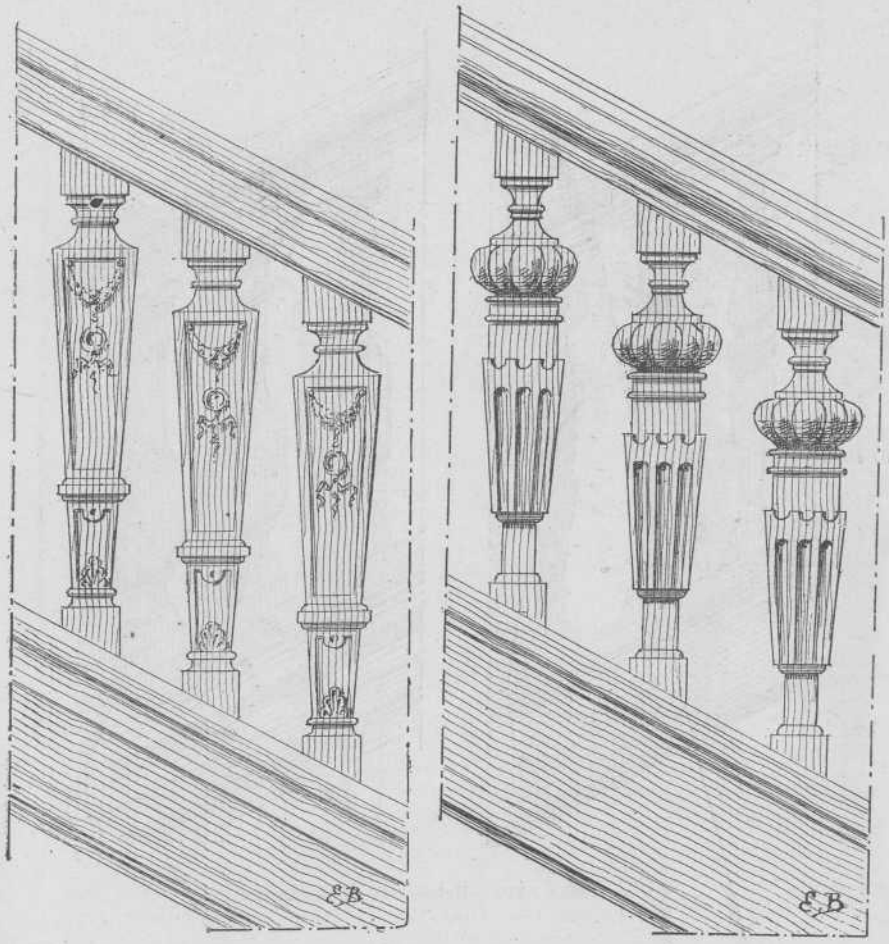


Figs. 1493 y 1494. — Balaustres.

reproducido este modelo tal como lo poseíamos, pero llamamos la atención sobre la mezquindad de la parte baja; el conjunto ganaría mucho con aplicar a este basamento molduras que se armonizaran mejor con las del cuerpo superior.

Se ha intentado frecuentemente poner las molduras de los balaustres paralelas a la pendiente de la barandilla. Esto es cuestión de gusto y nos guardaremos bien de discutirla, cualquiera que pueda ser nuestra preferencia, limitándonos a dar dos ejemplos. La figura 1497 es uno de ellos.

Para trazar estos balaustres, como para todo diseño en pendiente, cuando no se dispone de un instrumento de desplazamiento paralelo, es preciso trazar paralelamente a la inclinación del pasamano numerosas líneas más o menos próximas y hacer la misma preparación con un perfil establecido normalmente. Después, sobre el balaustre recto y



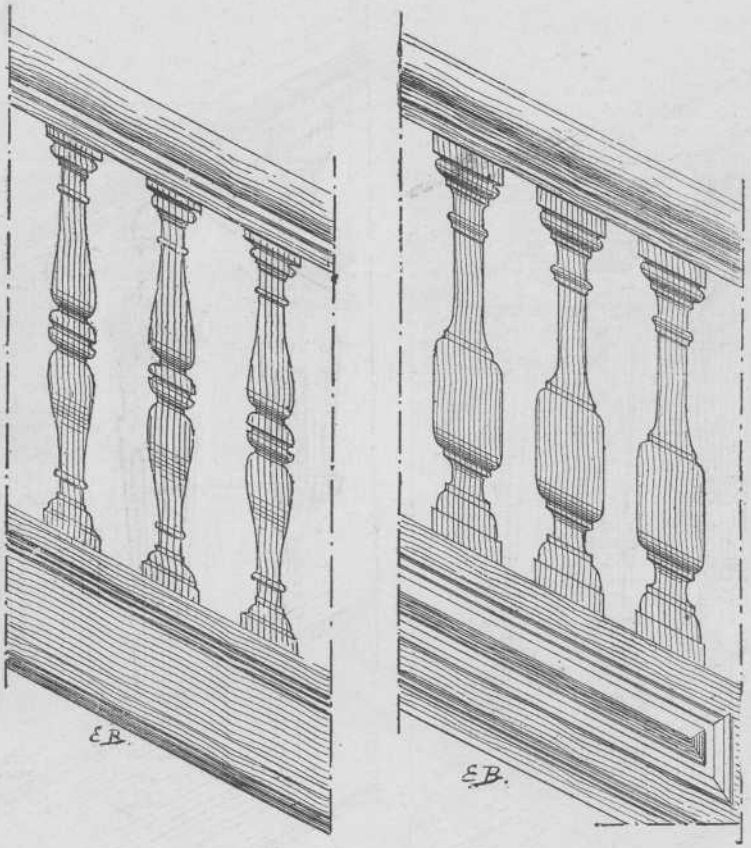
Figs. 1495 y 1496. — Balaustres.

sobre un balaustre en pendiente, trazar verticales tan próximas como la complicación del perfil lo haga necesario.

Sólo falta entonces tomar la altura de las intersecciones de las líneas verticales y horizontales y trasladar estas alturas sobre las líneas correspondientes del perfil inclinado. Se obtiene así una serie de puntos que basta reunir por una línea continua para tener el perfil inclinado que se busca.

La figura 1498 es otro balaustre que sigue igualmente la pendiente de la zanca. Es de forma diferente: mientras que el de la figura 1497 es simétrico con relación al centro de su longitud, éste tiene la forma del balaustre propiamente dicho.

Haremos observar que en las construcciones sencillas se hacen a



Figs. 1497 y 1498. — Balaustres en pendiente.

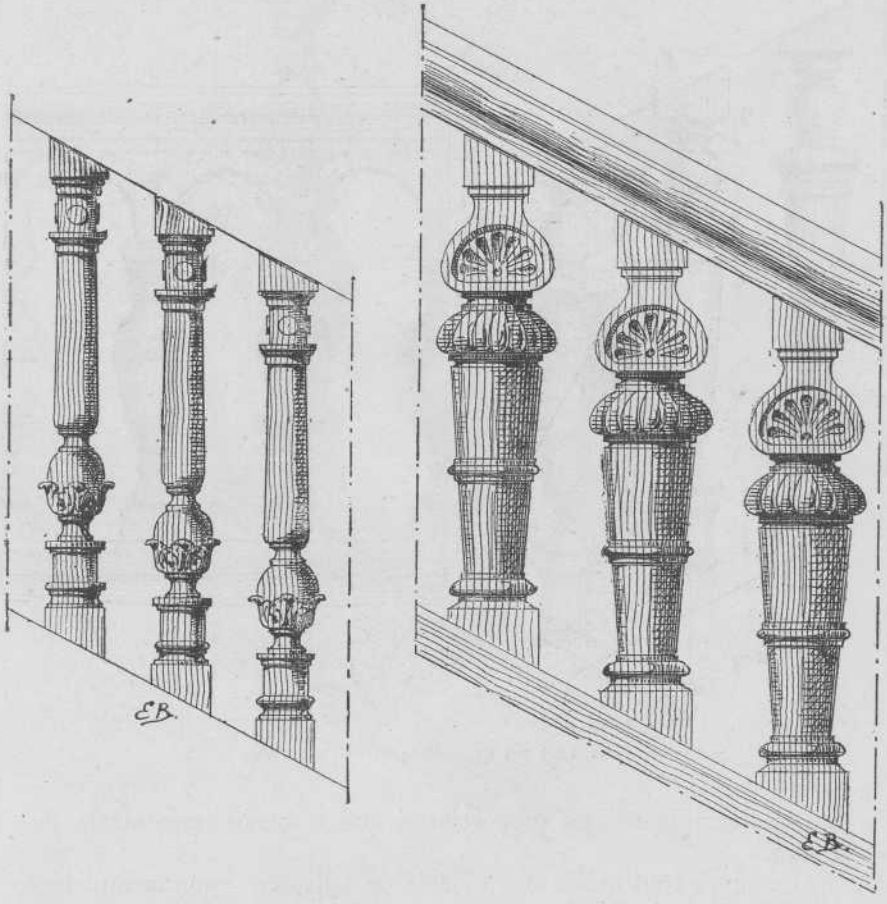
veces estos balaustres, rectos o rampantes, con simples tablas y entonces no subsisten más que los dos perfiles laterales.

A veces se emplean también maderas más gruesas y, conservando a los perfiles laterales toda su amplitud, se hacen en las otras dos caras molduras achatadas, especie de bajorrelieve que, hasta cierto punto, da la ilusión de un balaustre de sección cuadrada.

Balaustres redondos. — Este género de balaustres es más verdadero, puesto que se aproxima más a la columnita. Los hay que están

simplemente torneados, con capitel y basa cuadrados. Pueden llevar toros y astrágalos torneados como el fuste.

Nuestra figura 1499, puede servir, simplificándola, para hacer el balaustre de que acabamos de hablar. El que representa nuestro dibujo está torneado y tallado.



Figs. 1499 y 1500. — Balaustres redondos.

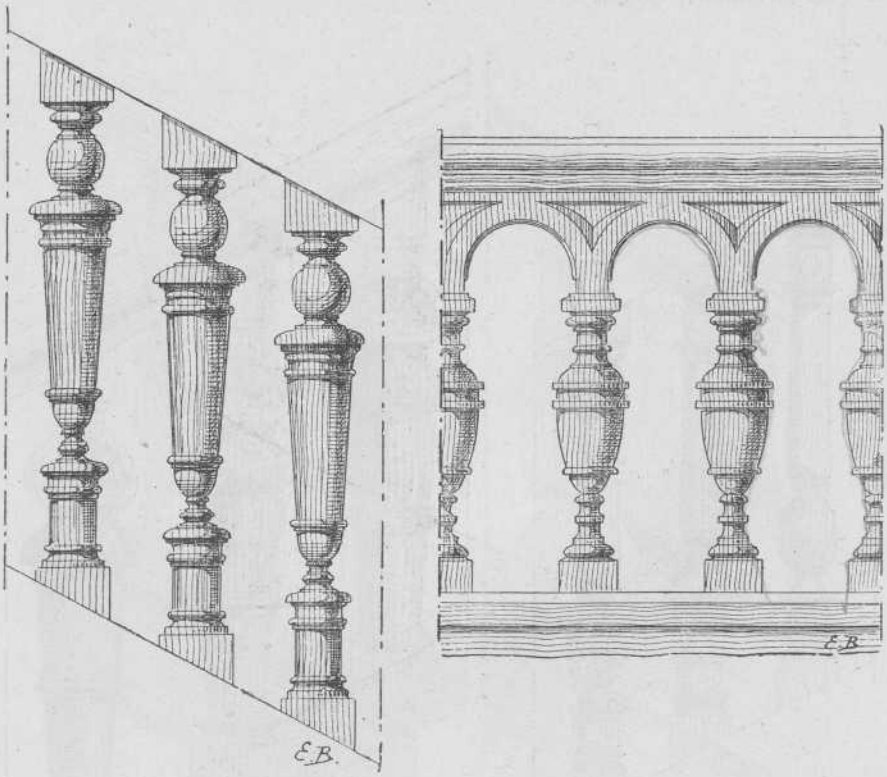
Para evitar el empleo de maderas de gran escuadría, pueden obtenerse las hojas que le ornamentan, tallándolas en el espesor de la panza, y esto proporcionaría una pequeña economía.

La figura 1500 representa un fuerte balaustre macizo que puede servir para una escalera o un balcón de grandes dimensiones.

Digamos ahora que en la elección de un balaustre es preciso tener en cuenta no solamente el estilo, sino también la impor-

tancia del medio en que se encontrará situada la obra de que forma parte.

Las dimensiones de la sección deben estar naturalmente en proporción con la escuadría de la zanca y del pasamano, que está a su



Figs. 1501 y 1502. — Balaustres redondos.

vez determinada por las proporciones más o menos importantes de la obra.

La figura 1501 indica otro modelo de balaustre enteramente torneado, salvo el capitel y la basa. Su perfil bien estudiado produce en ejecución muy buen efecto.

Los balaustres representados en la figura 1502 comprenden el capitel, la panza y la basa, pero se ha reducido su altura y se han completado por una serie de arcadas emplazadas directamente bajo el pasamano.

Aunque el pasamano, bien ensamblado a las arcadas, forma una buena traviesa para sujetar las cabezas de los balaustres, conviene procurar a estos últimos un buen ensamblaje sobre la zanca, pues cada uno de estos ensambles contribuirá a la solidez general.

Veamos otro modelo que puede convenir en una obra importante. Comprende también la basa, el cuello y el capitel como el

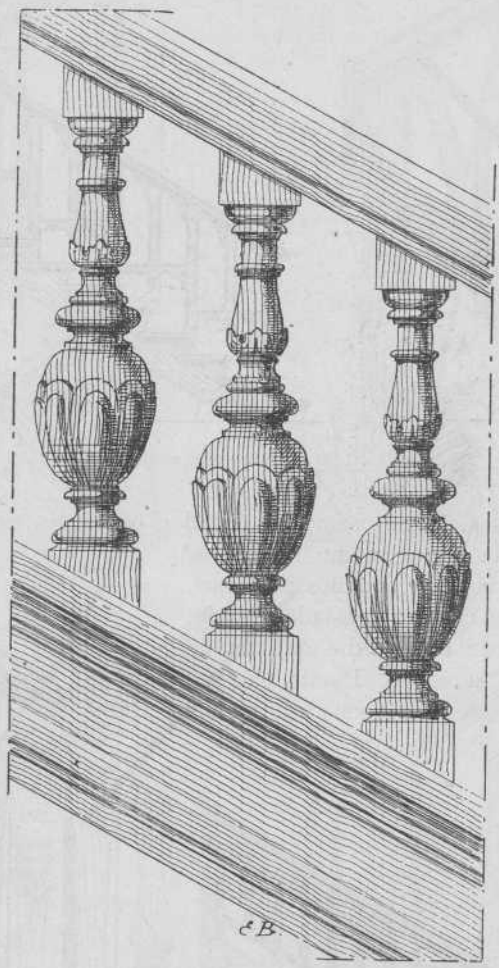


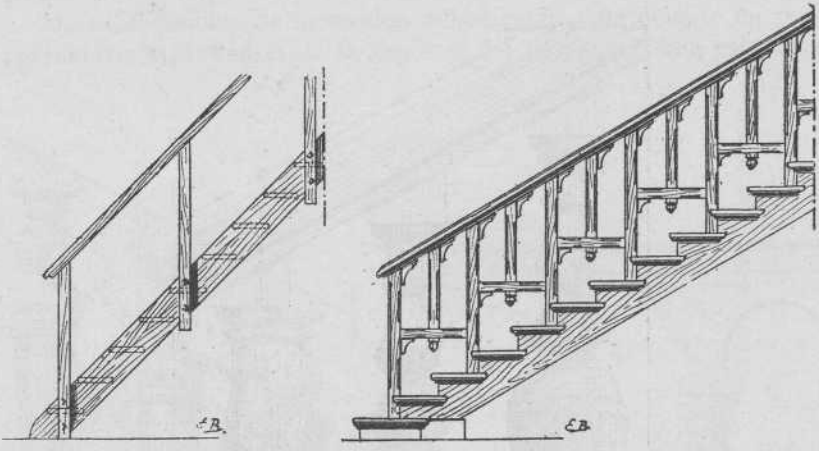
Fig. 1503. — Balaustres redondos.

que precede, pero está además ornamentado con hojas y ovas alargadas (fig. 1503).

Barandillas de madera. — A las barandillas se les da ordinariamente una altura vertical, medida desde el mampirlán a lo alto del pasamano, de 0,95 m. en los tramos inclinados y de 1 m. en los rellanos.

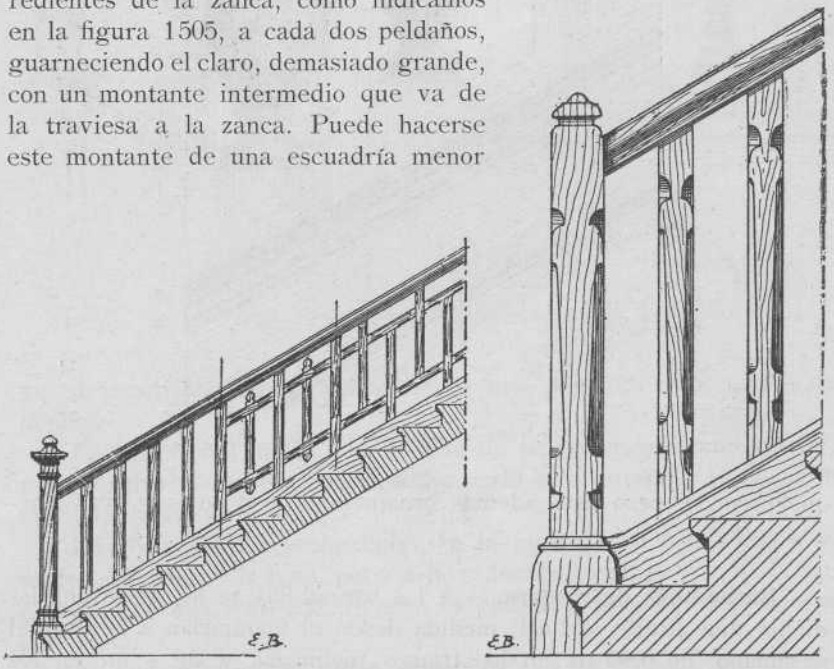
La barandilla más conveniente para una escala de molinero puede hacerse de montantes adosados y fijos lateralmente a la zanca

y coronados por un pasamano (fig. 1504) ensamblado a los montantes a caja y espiga.



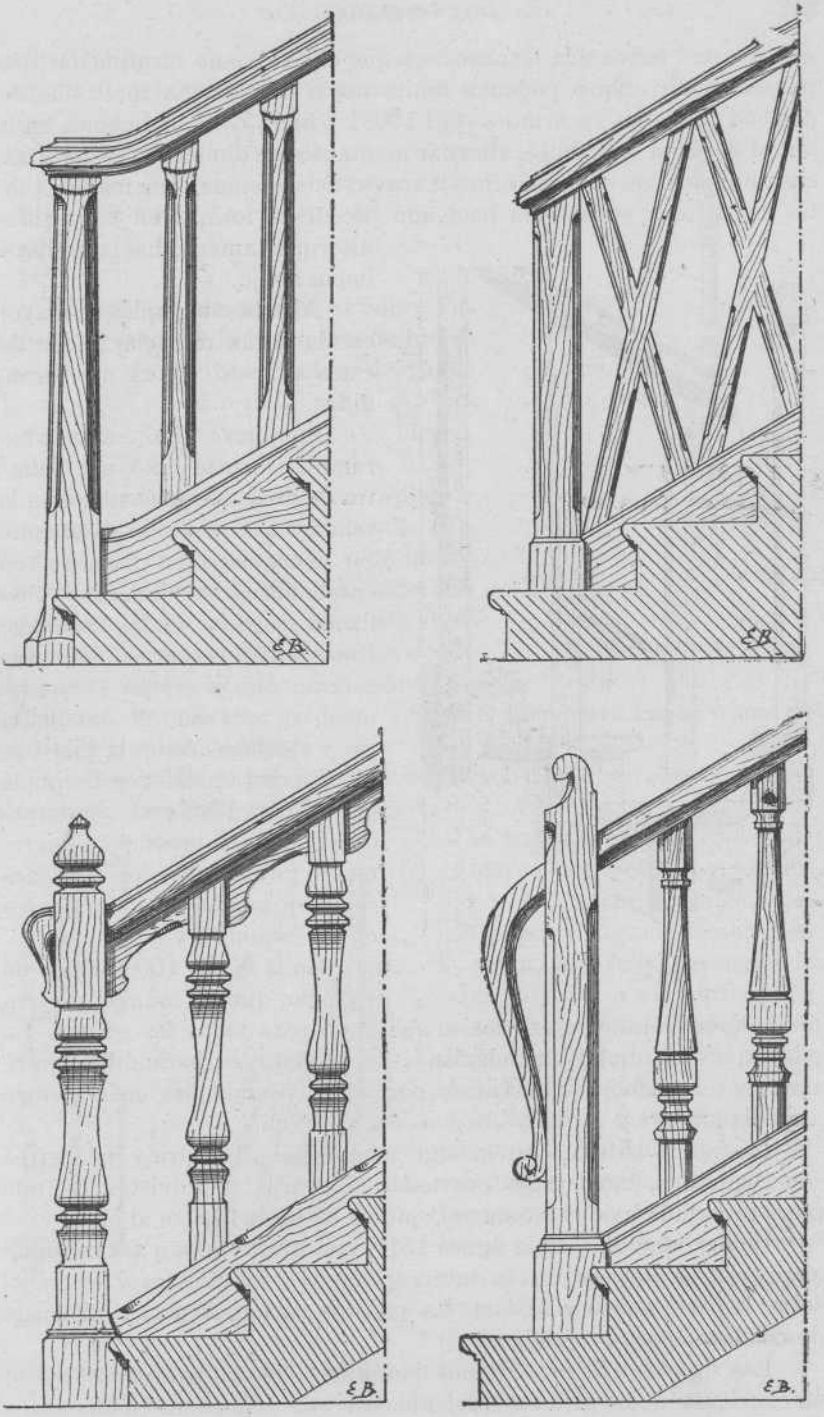
Figs. 1504 y 1505. — Barandillas.

En una escalera de cremallera pueden fijarse los montantes a los redientes de la zanca, como indicamos en la figura 1505, a cada dos peldaños, guarneciendo el claro, demasiado grande, con un montante intermedio que va de la traviesa a la zanca. Puede hacerse este montante de una escuadría menor



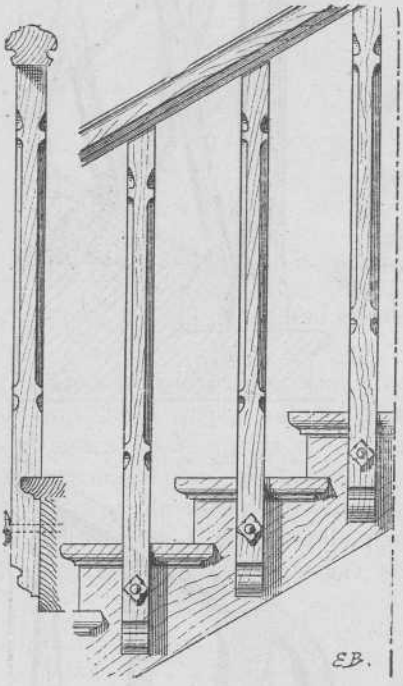
Figs. 1506 y 1507. — Barandillas.

que los montantes principales, por ser menos considerable su fatiga.



Figs. 1508 a 1511. — Barandillas.

En una zanca a la francesa, en que el pasamano termina en una pilastra de arranque, podemos limitarnos a emplear barrotes cuadrados con chaflanes recortados (fig. 1506), o bien, como indicamos en la mitad derecha del dibujo, alternar montantes de diferentes escuadrías, ensamblando los más estrechos a traviesas sostenidas por los montantes principales; o también haciendo sucederse formas en T dirigidas alternativamente hacia arriba y hacia abajo.



Figs. 1512 y 1513. - Barandilla.

Algunos ejemplos a mayor escala darán más clara idea de estas disposiciones de barandillas.

La figura 1507 es una barandilla formada por una pilastra de arranque ensamblada a la zanca y que recibe el pasamano. Su ornamentación consiste en entalladuras curvilíneas y chaflanes sesgados en las esquinas. Los montantes se ensamblan a la zanca a caja y espiga y el pasamano va adornado de entalladuras y chaflanes como la pilastra.

La barandilla representada en la figura 1508 está compuesta de pilastras y montantes ligeramente piramidales con chaflanes rectos y moldurados practicados en las esquinas, y recortados.

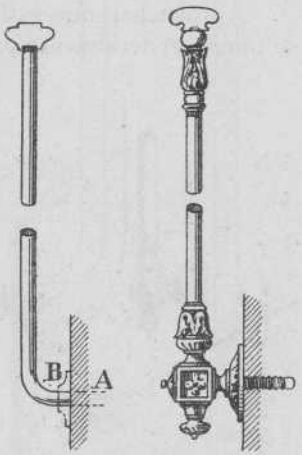
En la figura 1509 damos un ejemplo, que no osamos presentar como modelo, pero es preciso que haya para todos los gustos. La pilastra es cuadrada con chaflanes, el relleno de barandilla, entre zanca y pasamano, está formado por aspas ensambladas en el centro a media madera y arriba y abajo a caja y espiga.

La figura 1510 nos ofrece algo menos malo. Pilastra y balaustres son cuadrados, moldurados por todas sus caras y provistos de una pieza recortada bajo el pasamano, que va de un balaustre al otro.

En la barandilla de la figura 1511, una gran curva o asa continúa el pasamano después de su interrupción por la pilastra y se aplica sobre la parte anterior de ésta. La pilastra está recortada y adornada de chaflanes poco profundos.

Las figuras 1512 y 1513 nos dan, a falta de una barandilla lujosa, un excelente medio para ensamblar los barrotes de madera en una zanca de cremallera. Los barrotes o montantes van aplicados contra la

zanca, donde se atornillan o se empernan con pasadores y se encajan en una escopleadura practicada en el astrágalo vuelto de la huella, como se ve en corte, figura 1512. Esto da una barandilla muy sólida y que exige poca mano de obra. Los barrotes están adornados con muescas y chaflanes recortados.

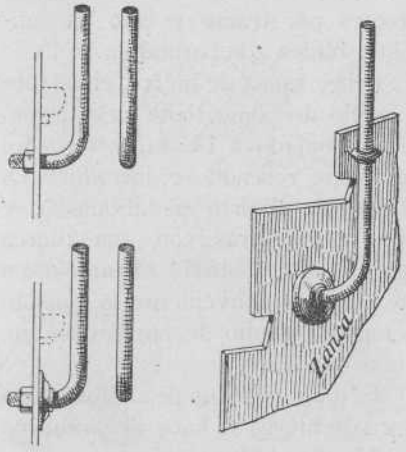


Figs. 1514 y 1515.
Barrotes sobre zanca de madera.

Barandillas de hierro. — Sobre las zancas de madera, la barandilla de hierro puede ser de barrotes rectos, de cuello de cisne, de pezón o de grapa o estribo, como en el ejemplo sobre zanca de hierro, figuras 1523 a 1525.

Una barandilla de hierro ordinaria se compone de barrotes redondos de 16 a 20 mm., generalmente de 18, o de hierro cuadrado de 14 a 20 mm. de lado. La separación entre ejes se hace sensiblemente de 16 cm. La altura vertical desde el mampirlán a lo alto del pasamano puede ser de 0,95 m. o de 1 m., según se encuentre en un tramo de escalones o en un descanso.

La barandilla de hierro más sencilla se hace de barrotes rectos con punta inferiormente, que se clava en una zanca recta. Después viene el barrote de cuello de cisne, que es curvo por abajo con un radio de 6 cm. aproximadamente, con punta y clavado también en la zanca. Los barrotes suelen ir acompañados, a su entrada en la zanca, de una arandela moldurada o de un rosetón (figura 1518). En la parte superior, el barrote va cortado paralelamente a la línea formada por la unión de los mampirlanes y recubierto por una pletina recta, o conformada, si la escalera es curva, y atornillada en cada barrote. Esta pletina servirá para recibir el pasamano que lleva una ranura para alojarla y a la que se atornilla por debajo.

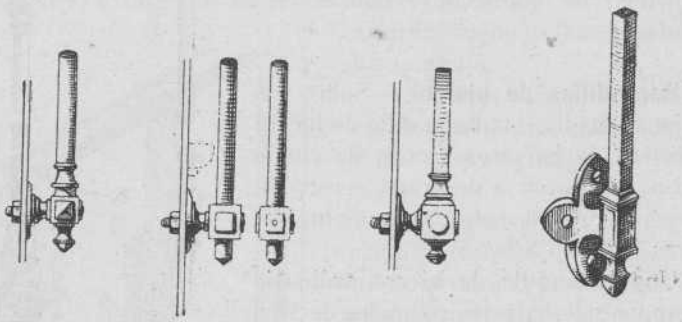


Figs. 1516 a 1518.—Barrotes de cuello de cisne.

La barandilla sobre pezones (figs. 1519 a 1522) se compone de pezones de fundición provistos de un tornillo de rosca de madera, si

la zanca es de madera, y un espárrago fileteado para recibir una tuerca, si la zanca es de hierro. El pezón se hace de forma apropiada al barrote, que puede ser de hierro redondo o de hierro cuadrado.

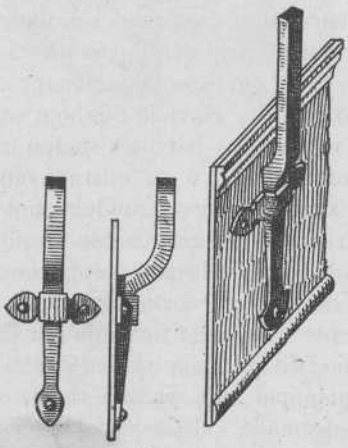
Aprovecharemos este ejemplo para hablar de las precauciones que se toman generalmente para hacer más sólida una barandilla de pezo-



Figs. 1519 a 1522. — Barandillas sobre pezones.

nes. Si se tiene en cuenta el brazo de palanca considerable que forma un barrote, se comprende que al no penetrar el barrote más que 2 cm. y teniendo juego, el montaje sobre pezones ofrece pocas garantías de solidez.

Para remediar esta debilidad, se unen los barrotes a la huella por un collar de patilla que abraza el barrote y va embutido en la huella para que no resalte y fijo con un tornillo. Se consolidan así tres o cuatro barrotes por tramo y esto da suficiente solidez a la barandilla.



Figs. 1523 a 1525. — Barandillas sobre estribos.

Sobre zanca de hierro, el barrote de cuello de cisne tiene su extremo curvo rebajado a 14 cm. y roscado; esta parte roscada se introduce en un agujero abierto en la zanca y se sujeta por detrás con una tuerca (figuras 1516 y 1517). También en este caso es conveniente la consolidación por medio de patillas de que hemos hablado.

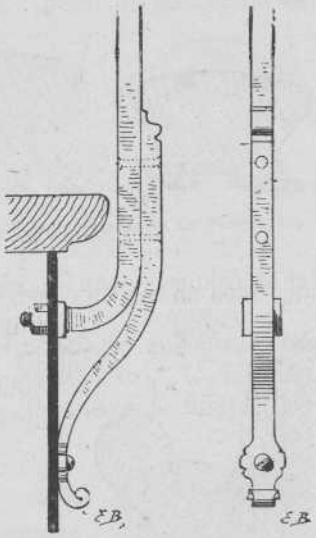
El montaje de un pezón sobre una zanca de hierro se hace de la misma manera (fig. 1519) por una tuerca sobre un espárrago roscado metido en el pezón al fundirlo. Es necesaria la misma consolidación por collar.

Se hacen también pezones atravesados por el barrote; si el pezón está fijo sólidamente a la zanca, esta disposición es buena (fig. 1520),

pero el extremo inferior del barrote debe ser más o menos moldurado y entonces se tiene un exceso de mano de obra, y por tanto un gasto más elevado.

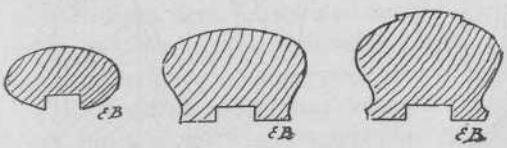
Un pezón puede salir de fundición con patas u orejillas, cuatro generalmente, que permiten fijarlo a tornillo sobre la zanca (fig. 1522). La ventaja que presenta esta disposición es permitir en caso de reparaciones, reemplazar un pezón roto sin necesidad de destrozar el cielorraso de la escalera, cosa indispensable con el montaje a tuerca.

Pueden hacerse barandillas mucho más robustas empleando sólo hierro forjado. Tenemos un ejemplo en las figuras 1523 a 1525, en el que el barrote se fija por el exterior, lo que facilita la operación de quitarle, por una grapa o estribo sujeto a la zanca con dos tornillos y abajo por una patilla hecha en el mismo barrote y atornillada a la zanca. Presentamos este barrote en vista de frente y lateral y una perspectiva.



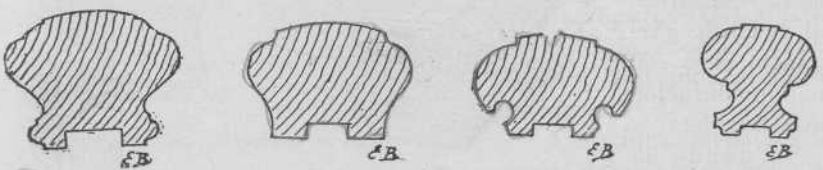
Figs. 1526 y 1527. — Barrotes de cuello de cisne.

Otro procedimiento de consolidación de un barrote cuadrado de cuello de cisne se representa en las figuras 1526 y 1527. La ventaja reside en que puede no ponerse la pieza de refuerzo más que cada dos, tres, cuatro barrotes o más.



Figs. 1528 a 1530. — Perfiles de garganta.

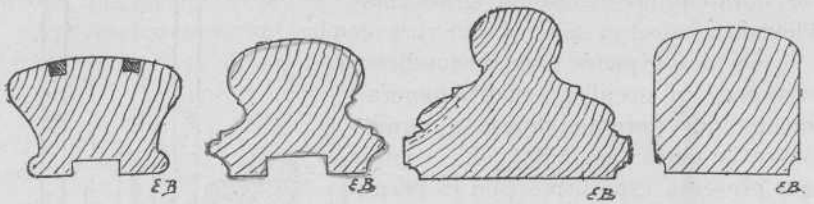
Pasamanos de madera. — No hablaremos de los pasamanos de hierro, porque figuran en los catálogos de forja y son además poco empleados en las escaleras interiores.



Figs. 1531 a 1534. — Pasamanos.

El pasamano más sencillo es el de sección elíptica (fig. 1528). Se emplea en las escaleras de poca importancia y particularmente en

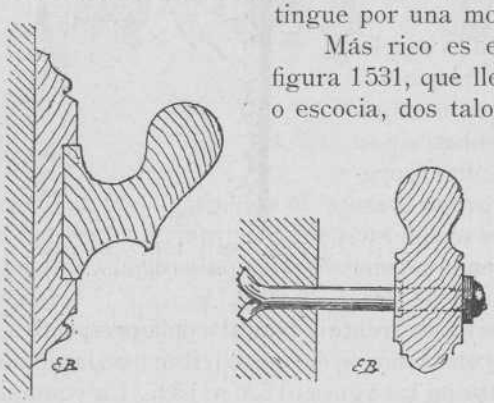
las escaleras de servicio. El perfil de garganta (fig. 1529) es el más sencillo en el género, pues su forma curva no comprende más que



Figs. 1535 a 1538. — Pasamanos.

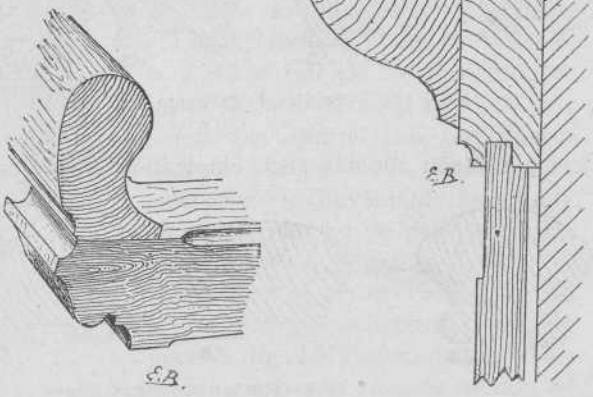
una línea única. En el perfil de la figura 1530, el pasamano se distingue por una moldura en su parte superior.

Más rico es el perfil de garganta de la figura 1531, que lleva, además de la *garganta* o escocia, dos talones en la parte superior y dos astrágalos en la inferior. La figura 1532 es también un pasamano de garganta, pero más sencillo, una variante



Figs. 1539 y 1540. — Pasamanos en el muro.

de la figura 1530. También el perfil, figura 1533, es de gargantas vaciadas en la madera y tiene un carácter algo de la edad media. El perfil de la figura 1534 se parece al perfil de garganta, pero con una molduración más completa.

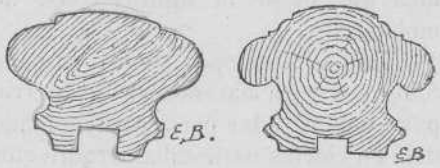


Figs. 1541 y 1542. — Pasamanos aplicados.

Cuando la barandilla es de cierto lujo, puede emplearse el perfil de filetes incrustados que representa la figura 1535. Por último, un

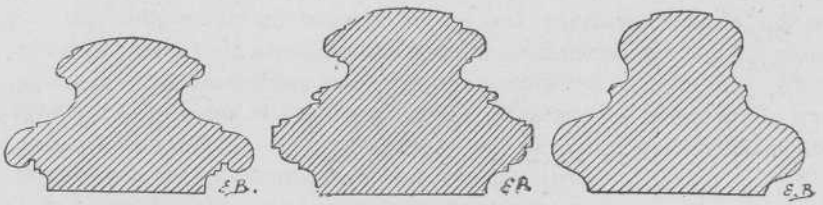
perfil de garganta más rico se representa en la figura 1536. Es ya para una barandilla de cierta importancia.

Cuando la barandilla alcanza un gran espesor, el pasamano que debe coronarla no podría ser cogido con la mano. Se da entonces a la guía situada encima una dimensión conveniente y se moldura la parte baja según el grado de riqueza que se quiera obtener (fig. 1537). El perfil de la figura 1538 es un pasamano apenas labrado que se emplea en las escaleras sencillas y macizas.



Figs. 1543 y 1544. — Variantes de pasamanos.

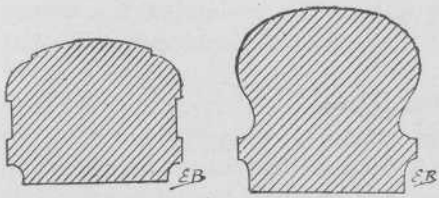
En una escalera muy ancha es a veces necesario encontrar para la mano un punto de apoyo a lo largo del muro de la caja. Un pasamano que se adopta en estos casos se da como ejemplo en la figura 1539.



Figs. 1545 a 1547. — Variantes de pasamanos.

La parte que debe coger la mano está separada del muro y el equino que la forma tiene aproximadamente 4 cm. de diámetro. En general estos pasamanos van aplicados contra un revestimiento de altura o como coronación de un revestimiento de apoyo.

El pasamano algunas veces va separado también del muro, pero fijo por soportes empotrados en éste (fig. 1540). La moldura o perfil y el soporte pueden adoptar diferentes formas apropiadas al medio en que están emplazados.



Figs. 1548 y 1549. — Variantes de pasamanos.

Las figuras 1541 y 1542 dan otros dos modelos de pasamanos aplicados al muro de caja.

A continuación damos un surtido de nuevos ejemplos de perfiles, que pueden servir en algunos casos: las figuras 1543 y 1544 son variantes de los pasamanos estilo figuras 1531 a 1534. Sus dimensiones sólo están determinadas por la necesidad de permi-

tir un buen apoyo a la mano. Las figuras 1545 a 1547 son asimismo variantes del grueso perfil, figura 1537. Y, por último, los pasamanos de las figuras 1548 y 1549 están concebidos en la misma idea que el de la figura 1538, aunque algo ornamentados con molduras.

Las dimensiones de los pasamanos corrientes varían desde 5,5 × 3,4 para barandillas de hierro sencillas, hasta 8 × 8 ó 6 × 8, para balaustradas corrientes de madera, pudiendo ser de más escuadría en ciertas barandillas arquitectónicas.

CAPÍTULO XV

Portadas de tiendas

La portada de tienda es una carpintería de revestimiento que forma un ligero saliente delante del paramento del muro en el emplazamiento de una tienda.

Se compone de un basamento, de una parte acristalada, que es el escaparate, y de un entablamento donde se encuentra el gran panel alargado para recibir las inscripciones o *muestra*. En los dos extremos laterales están los cajones, especie de pequeños armarios en que antes se alojaban las contraventanas móviles y en que actualmente se encierra el mecanismo de los cierres metálicos.

Antes de examinar las portadas tal como se hacen actualmente, digamos sólo algunas palabras de las antiguas, o más bien del procedimiento de cierre.

En la edad media, las tiendas, que eran, desde luego, bastante reducidas, tenían por cierre en cada hueco una especie de trampa doble vertical, cuya hoja inferior más pequeña estaba o enteramente rebatida sobre el muro de frente, o sostenida horizontalmente por uno o varios ganchos que hacían de tornapuntas y servía así para extender mercancías, como un mostrador. La hoja de arriba, mayor, se levantaba hasta cierta inclinación en que era mantenida asimismo por ganchos trabajando a compresión, y servía de marquesina para proteger las mercancías de la lluvia y de los objetos que pudieran caer de los pisos.

Ya en esta época se empleaban también las contraventanas portátiles y algo después las contraventanas articuladas. Esta práctica ha continuado hasta nuestros días y apenas en la segunda mitad del siglo último ha sido cuando han aparecido los nuevos cierres y han suplantado rápidamente a los antiguos.

Las contraventanas portátiles eran una especie de tableros que servían para cerrar la tienda por la noche y que por el día se reunían en cajones o en un lugar cualquiera cuando no se disponía de cajones.

Hemos visto todavía tiendas cerradas por este procedimiento, y era verdaderamente lo más incómodo que pueda suponerse.

Más tarde se ha añadido un perfeccionamiento: se han solidarizado los diversos tableros o contraventanas con charnelas colocadas interior y exteriormente, de modo que se puedan replegar las hojas una sobre otra en zigzag para formar paquete y éste se introducía finalmente en el cajón. Esto era mucho más cómodo que las contraventanas portátiles, y una vez desarrolladas para cerrar, bastaba asegurarlas por medio de una barra de hierro plano sujeta a la portada por pasadores con chaveta.

Tenemos actualmente a nuestra disposición los cierres metálicos de hojas y ondulados, cuya superioridad no necesita demostrarse, y precisamente hemos escogido nuestros ejemplos teniendo en cuenta estos cierres.

Primeramente damos una portada destinada a cerrarse por medio de un cierre de hojas de un sistema cualquiera (figs. 1550 a 1555). Observemos, ante todo, que el entablamento o tablero de muestra es vertical, mientras que con los cierres o puertas onduladas que comprenden un cilindro bastante voluminoso, el tablero queda inclinado con objeto de proporcionar el espacio necesario para alojar el cierre cuando se levanta.

La figura 1550 da la elevación de esta portada que comprende una cornisa, una tabla plana o friso, una moldura más sencilla, los cajones en revestimiento ensamblado de molduras remetidas y el basamento de la misma construcción.

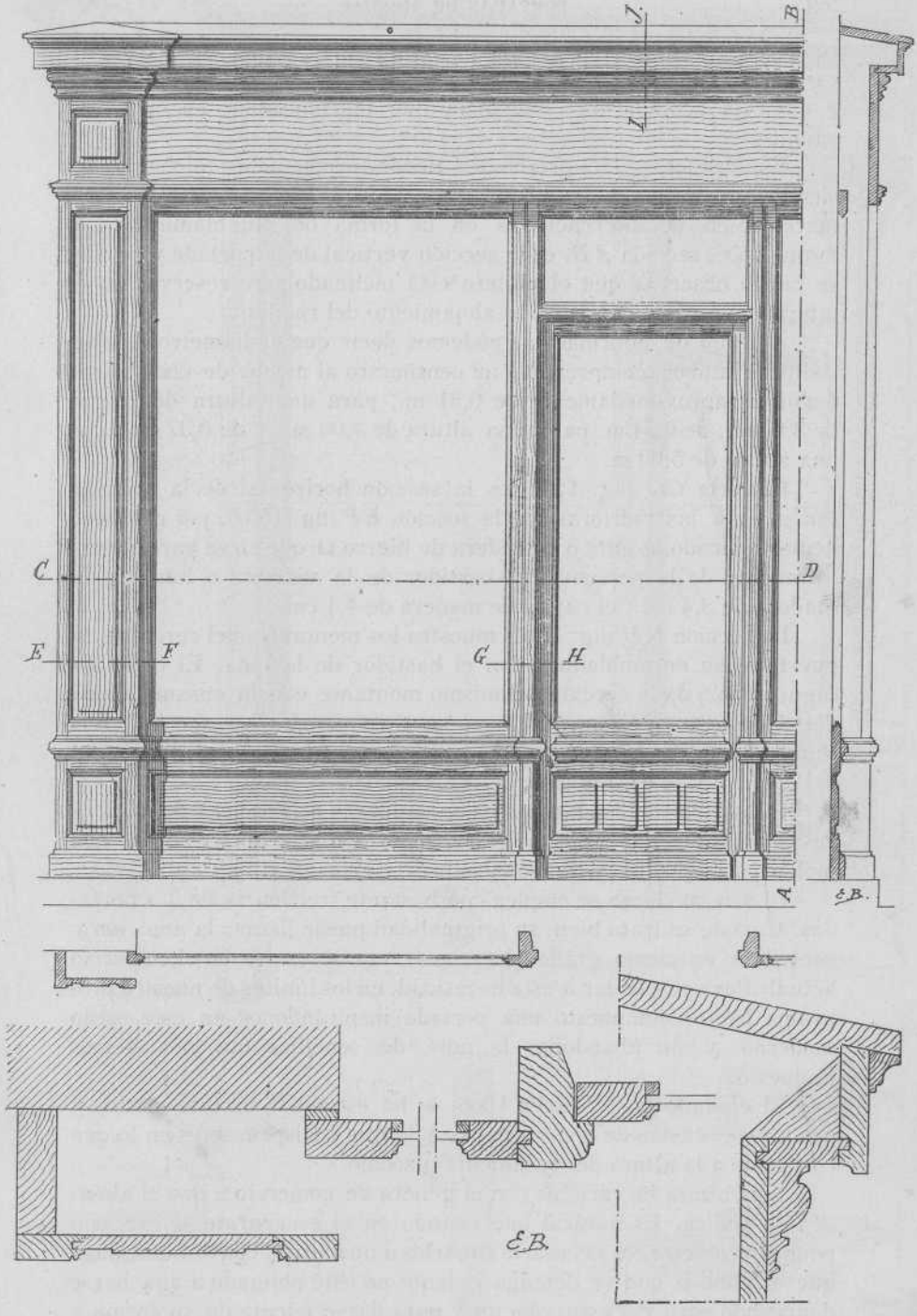
La sección *AB* (fig. 1551) da el corte vertical y muestra el lugar reservado detrás del tablero para alojar el paquete formado por las hojas metálicas que componen el cierre. El corte *CD* (fig. 1552) es la sección horizontal.

En la sección *EF* (fig. 1553) presentamos la composición del cajón de recubrimiento de molduras remetidas montado sobre una fuerte pieza lateral empotrada en el muro y sobre la cual se atornilla el cajón, porque no hay que perder de vista que este cajón, destinado a disimular el mecanismo, debe ser movible de forma que pueda montarse después de instalado el cierre y debe también ser de fácil desmontaje en caso de reparaciones.

El corte *GH* (fig. 1554) nos muestra la sección del pie derecho que forma con la traviesa el cerco de la puerta. Hemos figurado también aquí el ensamble del bastidor del cristal y uno de los montantes de la puerta misma que viene a batir en un rebajo practicado en este montante.

Por último, la figura 1555, sección *IJ*, nos da un detalle de la cornisa del entablamento.

El cierre de acero ondulado presenta grandes ventajas tanto desde el punto de vista de la rapidez de operación como por el de la



Figs. 1550 a 1555. — Portada de comercio.

reducción a su más simple expresión de las dimensiones de los cajones. Esto puede prestar importantes servicios en ciertos casos y da a la portada una elegancia que le rehusaban los grandes cajones.

En elevación, la portada de tienda propiamente dicha sigue siendo sensiblemente la misma (figs. 1556 a 1562). Pero donde se marca bien la diferencia es en la forma del entablamento. La figura 1556, sección *AB*, es la sección vertical de la portada y en ella se puede observar que el tablero está inclinado para reservar en el interior el espacio necesario al alojamiento del rodillo.

A título de información, podemos decir que el diámetro de este rodillo o tambor, comprendido un centímetro al menos de claro alrededor, es aproximadamente de 0,31 m., para una altura de hueco de 3,00 m.; de 0,34 m. para una altura de 4,00 m,. y de 0,37 m. para una altura de 5,00 m.

El corte *CD* (fig. 1558) es la sección horizontal de la portada tomada por las vidrieras. En la sección *EF* (fig. 1559), por el cajón, hemos indicado la guía o corredera de hierro ⊔ que sirve para el deslizamiento de la persiana. El bastidor de la vidriera o luna es de madera de 3,4 cm.; el cajón, de madera de 4,1 cm.

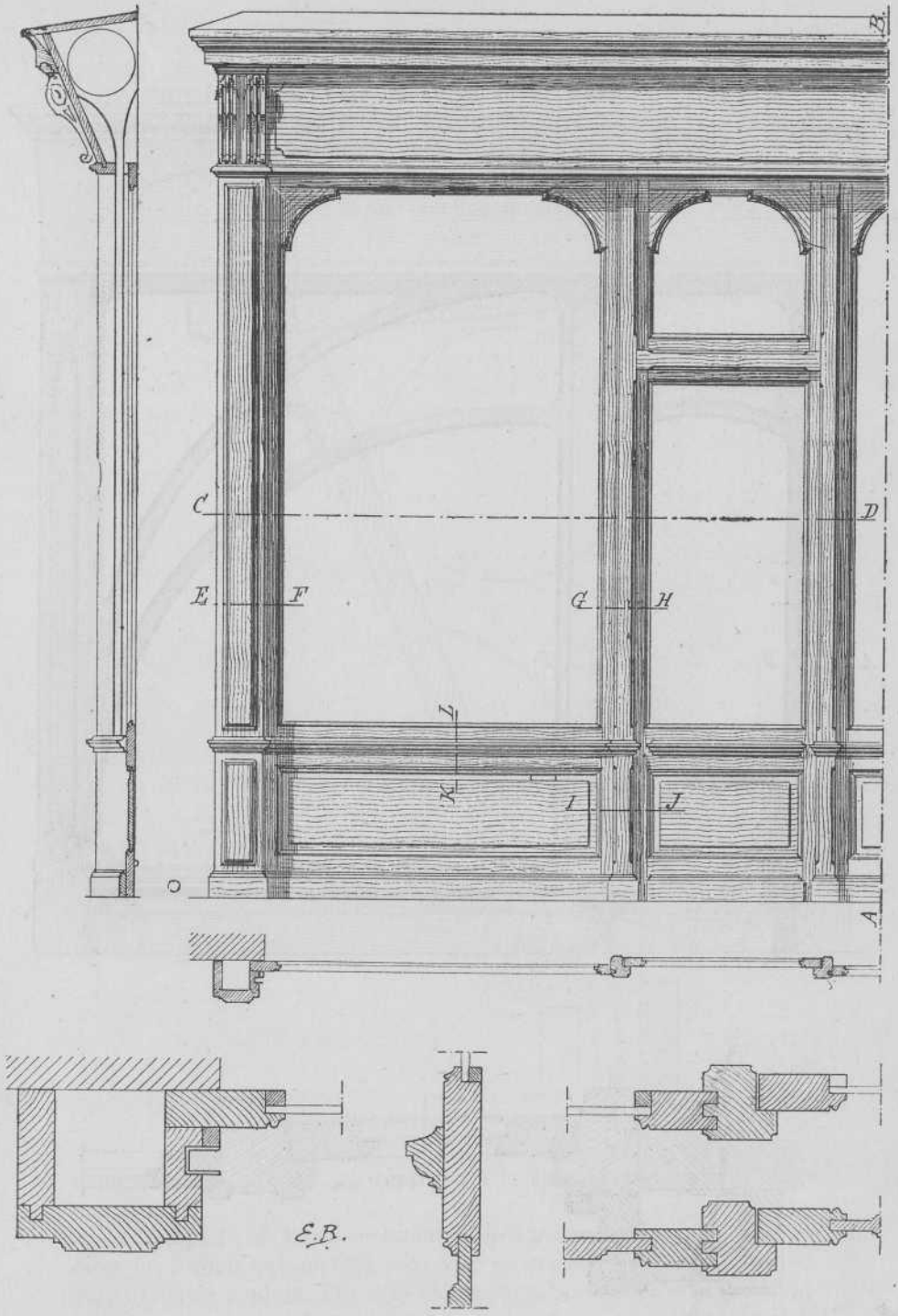
La sección *GH* (fig. 1561) muestra los montantes del cerco de la puerta y su ensambladura con el bastidor de la luna. El corte *IJ* (figura 1562) da la sección del mismo montante con la ensambladura del basamento. El montante tiene 8 × 8 cm. La sección *KL* (figura 1560) muestra la traviesa superior del basamento, la sección del cimacio y la ensambladura del tablero.

El bastidor del basamento es de molduras remetidas y de madera de 3,4 y los tableros de 2 cm. El entablamento es de madera de 2,7 con molduras acopladas y cartelas postizas también.

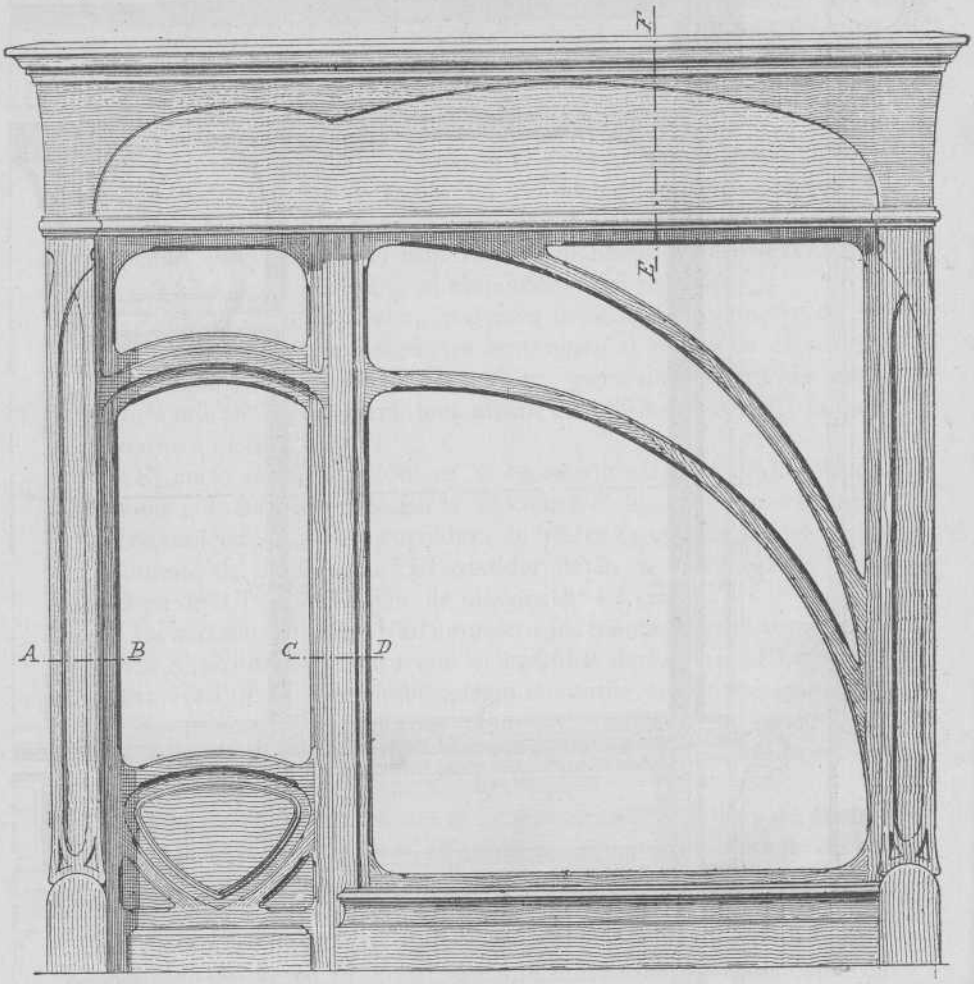
El arte moderno se emplea con bastante frecuencia en las portadas. Cuando se trata bien, su originalidad puede llamar la atención y contribuir en cierto grado al reclamo, tan necesario en el comercio actual. Para responder a esta necesidad, en los límites de nuestro programa hemos compuesto una portada inspirándonos en este estilo moderno, y sin abandonar la nota de sencillez que nos hemos impuesto.

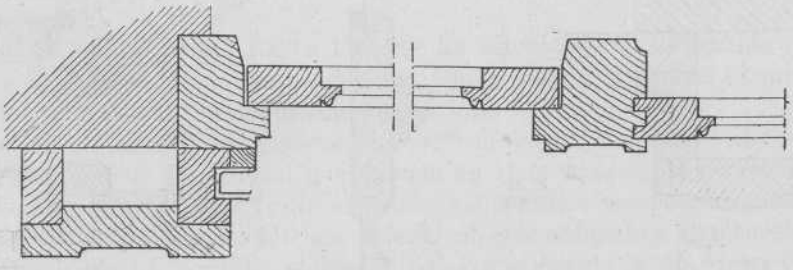
El ejemplo (figs. 1563 a 1566) se ha estudiado en este sentido y nos ofrece ocasión de decir algunas palabras indispensables en lo que concierne a la altura del basamento o zócalo.

Esta altura es variable con el género de comercio a que el almacén se dedica. Es natural que cuando en el escaparate se exponen pequeños objetos, es necesario situarlos a una altura conveniente para que el público que se detenga delante no esté obligado a agacharse demasiado para ver estos objetos y para darse cuenta de su forma y de su factura y calidad.



Figs. 1556 a 1562. — Portada de tienda.





Figs. 1563 a 1565. — Portada de tienda.

Ocurre lo contrario si el comercio explotado en la tienda es sobre todo de objetos voluminosos y altos, tales como muebles, trajes y en general artículos de grandes dimensiones.

Este último caso es el que hemos tenido presente al hacer nuestro dibujo, por lo que el zócalo se encuentra reducido a su más simple

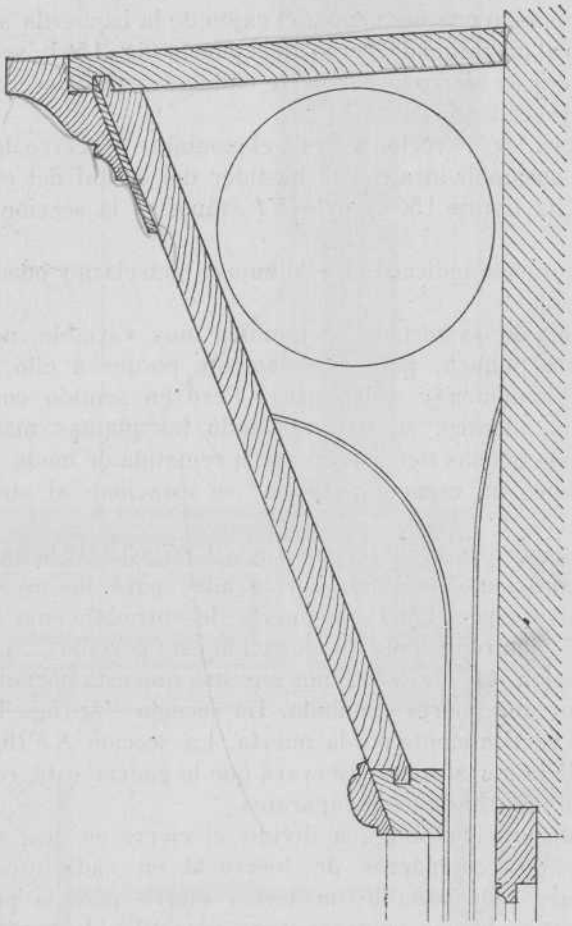


Fig. 1566. — Entablamento de una portada de tienda.

expresión. La figura 1563 representa la elevación y conjunto de la portada.

El corte de las lunas sería muy difícil y muy arriesgado, si se les diese las formas curvas indicadas y se montasen en rebajos de las piezas curvas de madera. Por esto es mucho más práctico no dejar rebajos y colocar el cristal por detrás en una sola pieza, no encajándolo sino en su contorno cuadrado o rectangular.

Es un pequeño defecto de este estilo el ofrecer formas de ejecución difícil. El panel de la puerta, por ejemplo, no compensará quizá con su aspecto decorativo el precio de su ejecución. Sea como quiera, no puede negarse que hay cosas muy bonitas en este estilo, siendo quizá lo único malo el querer emplearle en todo caso y en ocasiones en que puede no convenir.

En el ejemplo que nos ocupa, el cajón de la izquierda se encuentra adosado al montante del cerco de la puerta (fig. 1564), sección *AB*, y la corredera de hierro ⊔ del cierre ondulado está colocada como en el ejemplo precedente.

La figura 1565, sección *CD*, da el montante del cerco de la puerta e indica su ensambladura con el bastidor del cristal del escaparate. Por último, la figura 1566, corte *EF*, muestra la sección del entablamento.

La decoración indicada en el dibujo es bien clara y puede evitarse su descripción.

La forma de las portadas es también muy variable: no avanzan sobre la vía pública, pero es solamente porque a ello se oponen feroces reglamentos y ordenanzas. Pero en sentido contrario, es decir, hacia adentro, se han realizado las plantas más fantásticas. Algunas tiendas tienen su portada remetida de modo que reservan al público un espacio para que se estacione al abrigo de la circulación.

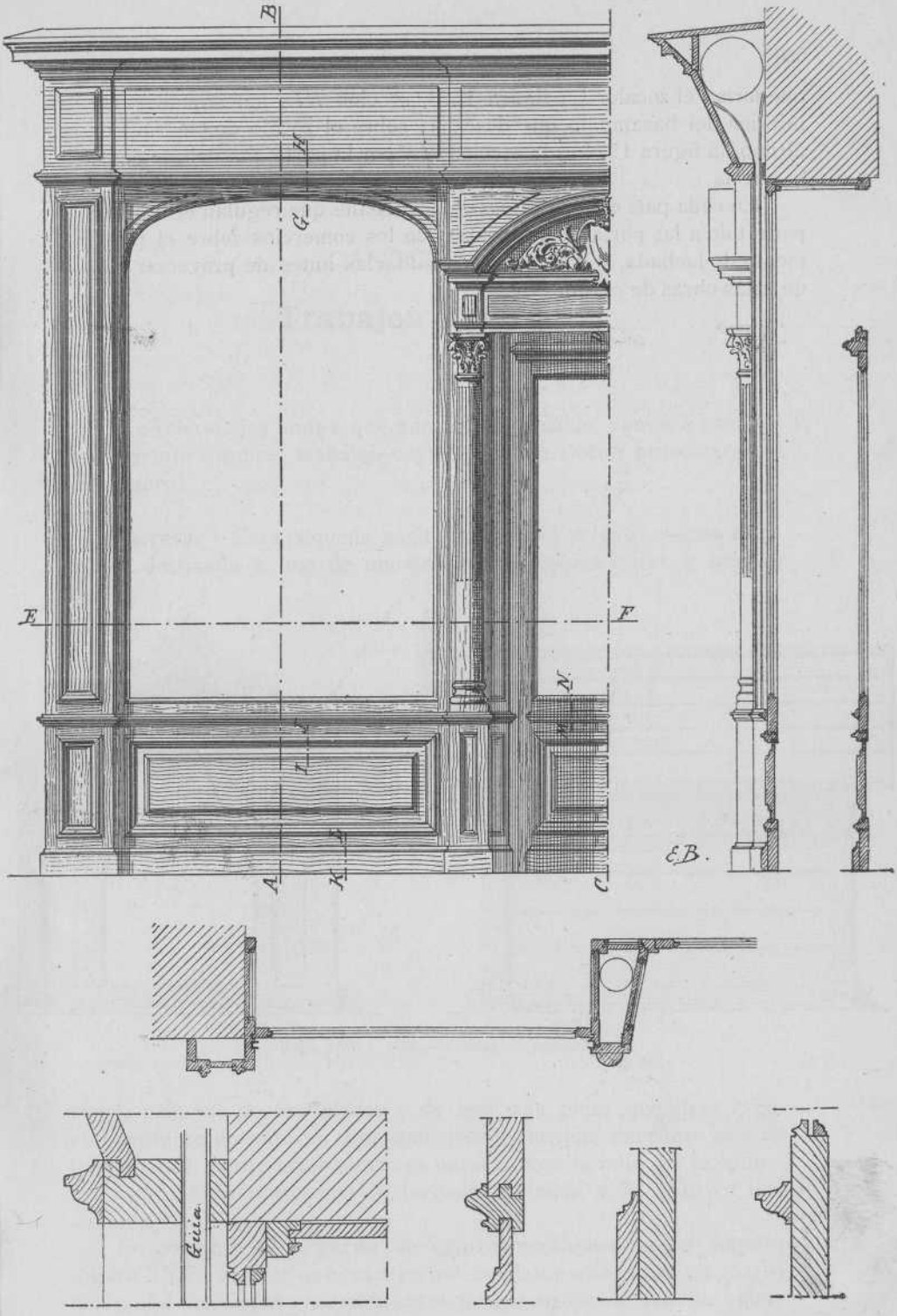
En el modelo que ofrecemos (figs. 1567 a 1574) hemos figurado cierta decoración consistente en arcadas para los escaparates y en un motivo especial para la puerta de entrada, como se ve en la figura 1567, que representa en elevación esta portada.

La sección *AB* (fig. 1568) nos muestra que esta portada se cierra también por una puerta ondulada. La sección *CD* (fig. 1569) es el corte dado verticalmente por la puerta. La sección *EF* (fig. 1570) es la planta de la portada; se observará que la puerta está remetida en toda la profundidad de los escaparates.

Esta disposición obliga a dividir el cierre en dos, según indicamos por dos correderas de hierro ⊔ en cada escaparate, y además hace indispensable un tercer cierre para la puerta, porque aun poniendo una contraventana portátil a la puerta y guarneciendo con partes llenas los costados de la entrada, no podría admitirse esta especie de cueva o nicho que prestaría valiosos servicios a los malhechores, apostados en acecho del transeunte.

Esta portada, en el entrante de los escaparates, está guarnecida de revestimientos. La figura 1571, sección *GH*, muestra este revestimiento en plafón, la sección del bastidor de la luna y la parte baja del entablamento.

El corte *IJ* (fig. 1572) da la sección del panel de revestimiento



Figs. 1567 a 1574. – Portada de tienda.

que forma el zócalo. La figura 1573, sección *KL*, muestra la parte inferior del basamento que descansa sobre el zócalo de piedra. Por último, la figura 1574 es la sección *MN* por la parte alta del zócalo de la puerta.

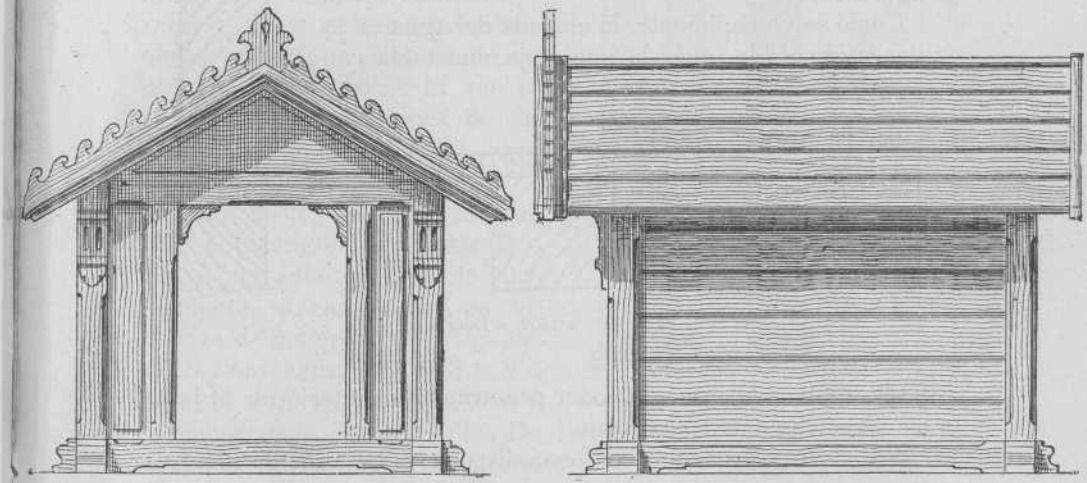
En cada país existen disposiciones legales que regulan el saliente permitido a las portadas y muestras de los comercios sobre el paramento de fachada, y convendrá consultarlas antes de proyectar una de estas obras de carpintería.

CAPÍTULO XVI

Trabajos diversos

Sin rebasar los límites que nos hemos trazado, vamos a estudiar brevemente algunos trabajos cuya ejecución puede presentarse al carpintero.

Perrera. — Esta pequeña garita (figs. 1575 y 1576) es una habitación destinada a uno de nuestros hermanos inferiores y que no



Figs. 1575 y 1576. — Garita de perro.

consta más que de una planta y de una sola pieza que sirve especialmente de dormitorio. Las dimensiones medias interiores son de 0,50 × 0,70, pero varían, como es natural, con la talla del inquilino. La figura 1575 representa la fachada principal y la 1576 es una fachada lateral.

Se compone esta garita de cuatro montantes en los ángulos (figura 1577) en los que van embutidas las paredes; de un marco horizontal de soleras ensambladas a media madera y con sus extre-

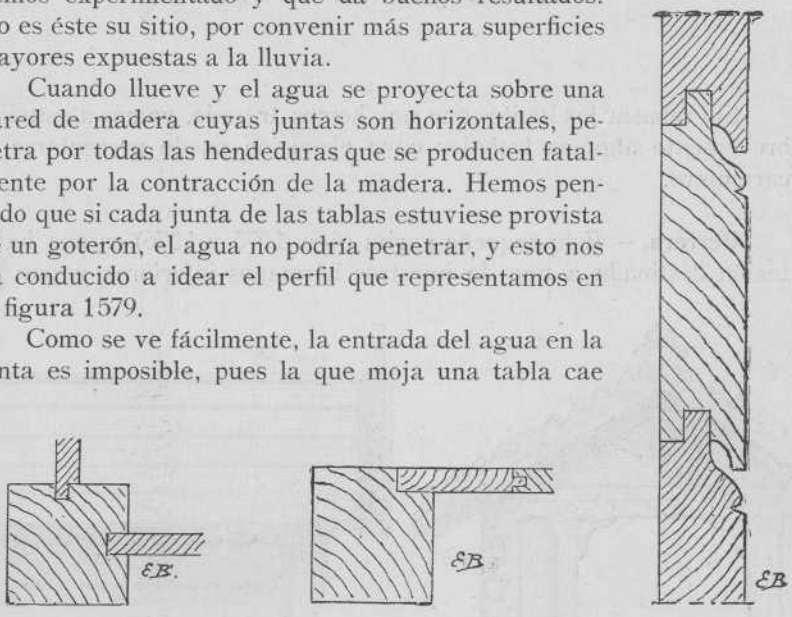
mos moldurados. Este marco lleva un rebajo donde encaja el suelo de la garita (figura 1578).

La cubierta está formada de tablas con un recubrimiento de 2,5 cm., suficiente para poder clavarlas unas sobre otras. Las testas de las tablas van recubiertas por una pequeña moldura y una cresteria que constituyen la decoración.

Las paredes están hechas de tablas ensambladas a ranura y lengüeta y aprovechamos la ocasión para hablar aquí de un sistema que hemos experimentado y que da buenos resultados. No es éste su sitio, por convenir más para superficies mayores expuestas a la lluvia.

Cuando llueve y el agua se proyecta sobre una pared de madera cuyas juntas son horizontales, penetra por todas las hendeduras que se producen fatalmente por la contracción de la madera. Hemos pensado que si cada junta de las tablas estuviese provista de un goterón, el agua no podría penetrar, y esto nos ha conducido a idear el perfil que representamos en la figura 1579.

Como se ve fácilmente, la entrada del agua en la junta es imposible, pues la que moja una tabla cae



Figs. 1577 a 1579. — Detalles.

sobre la tabla siguiente, sin poder penetrar en el interior de la junta, y así sucesivamente hasta abajo.

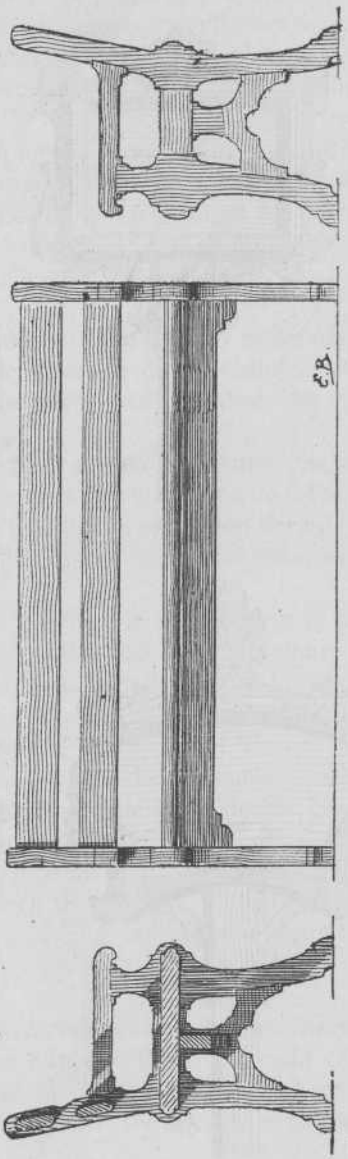
Se observará además que esta disposición tan sencilla presenta, sobre la junta ordinaria o la de junquillo cubrejunta, la ventaja de disimular siempre la hendedura producida por la desecación de la madera.

Bancos. — Un banco, en general, es un asiento alargado sobre el que pueden sentarse varias personas al mismo tiempo. Está compuesto de dos pies, de un asiento y de un respaldo.

El ejemplo que damos (figs. 1580 a 1582) es enteramente ensamblado. El pie está compuesto de seis piezas ensambladas a caja y espiga, de madera de 4,1 cm.; la banqueta es del mismo grueso con un astrágalo y está sostenida por una traviesa de ma-

dera de 5,4 ensanchada cerca de los pies para contribuir a la indeformabilidad del conjunto; el respaldo está compuesto de dos barrotes redondeados de 3,4 cm.

La figura 1580 representa el banco visto en elevación; la figura 1581 es la vista lateral, y la figura 1582 da la sección transversal del banco.



Figs. 1580 a 1582. — Banco.

Postes indicadores. — El destino de los postes indicadores es servir de soporte a un escrito que señala la dirección de un camino o cualquier otro informe útil.

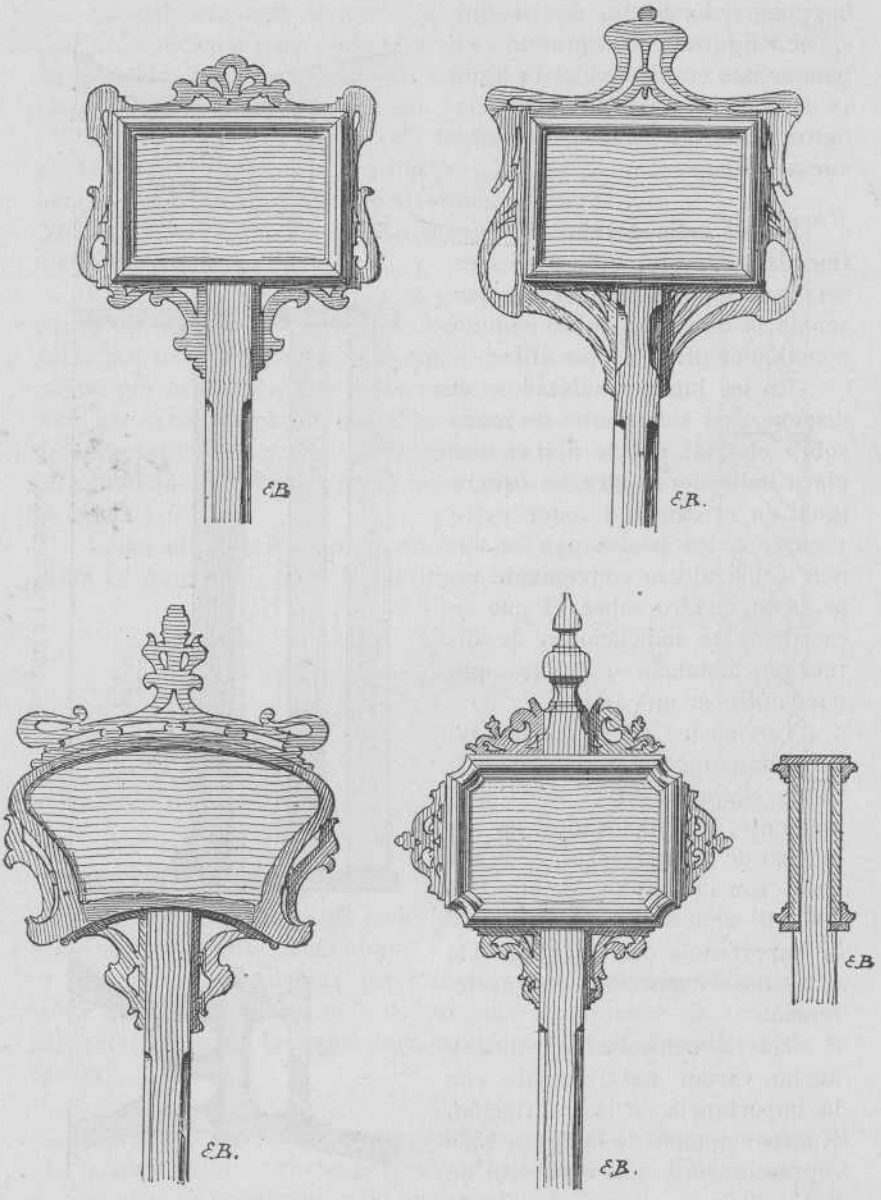
En los lugares habitados, se dispone casi siempre de un muro sobre el cual pueda fijarse una placa indicadora, pero no ocurre igual en el campo y entonces se recurre a los postes que sostienen a una altura conveniente un pequeño cuadro sobre el que se escriben las indicaciones de dirección, distancia o peligro que pueda ofrecer un camino.

Los postes en sí mismos no presentan ninguna particularidad. Están clavados en el suelo simplemente, o empotrados en un macizo de mampostería. Algunas veces son cuadrados, de 8×8 ó 10×10 cm. según su altura y la importancia de la tablilla. De éstas nos ocuparemos con preferencia.

Sus dimensiones de alto y ancho varían naturalmente con la importancia de la inscripción. Nuestro ejemplo de la figura 1583 representa una superficie útil de $0{,}23 \times 0{,}35$ m., lleva un pequeño encuadramiento ensamblado a inglete y está adornado en su contorno con una orla de madera calada. El poste tiene achaflanadas las esquinas.

A veces estos cuadros tienen dos caras, cuando existe alguna

razón para que la indicación se vea desde los dos lados; otras veces,



Figs. 1583 a 1587. — Postes indicadores.

se colocan dos tablillas formando escuadra, o bien ángulo agudo u obtuso, como en las intersecciones de los caminos, por ejemplo.

La figura 1584 nos ofrece una tablilla rectangular acompañada de una marquetería de estilo moderno.

En el modelo de la figura 1585 se ha reemplazado la forma rectangular por una forma curvilínea, que es un punto de partida de todas las otras formas que puedan surgir de la composición decorativa. Es de un gusto algo moderno y las molduras están reemplazadas por piezas planas aplicadas sobre el tablero mismo. La ornamentación es de madera recortada.

Con la figura 1586 volvemos a la forma rectangular, pero suavizada con curvas. Aquí tiene el poste una cabeza moldurada que sobrepasa por encima de la tablilla, y la decoración es también de adornos calados. La figura 1587 muestra la sección de una tablilla de dos caras, para dos indicaciones.

Caballetes. — Un caballete consta de cuatro patas inclinadas y ensambladas por arriba a una traviesa; sobre dos caballetes suele apoyarse un tablero para constituir una mesa de dibujante o con cualquier otro destino.

Las figuras 1588 y 1589 nos dan un modelo corriente. Algunos caballetes se hacen con tornillos de madera en sustitución de las tablillas de elevación agujereadas, lo que permite la elevación del tablero con gran sensibilidad y también facilita la colocación de éste según una pendiente cualquiera.

Con nuestro ejemplo se obtiene también la elevación y la pendiente, pero no con tanta variedad, puesto que las variaciones de altura y de inclinación están fijadas por la distancia entre los agujeros. Es verdad que para aproximarse a la perfección que da el tornillo, bastará abrir agujeros suplementarios.

Aunque las dimensiones sean muy conocidas, diremos sin embargo que la altura normal es de 0,82 m ; la longitud de las barras superiores, de 0,80; la distancia exterior de los pies, de 0,65, y, en la base del triángulo, en el otro sentido, 0,36 m.

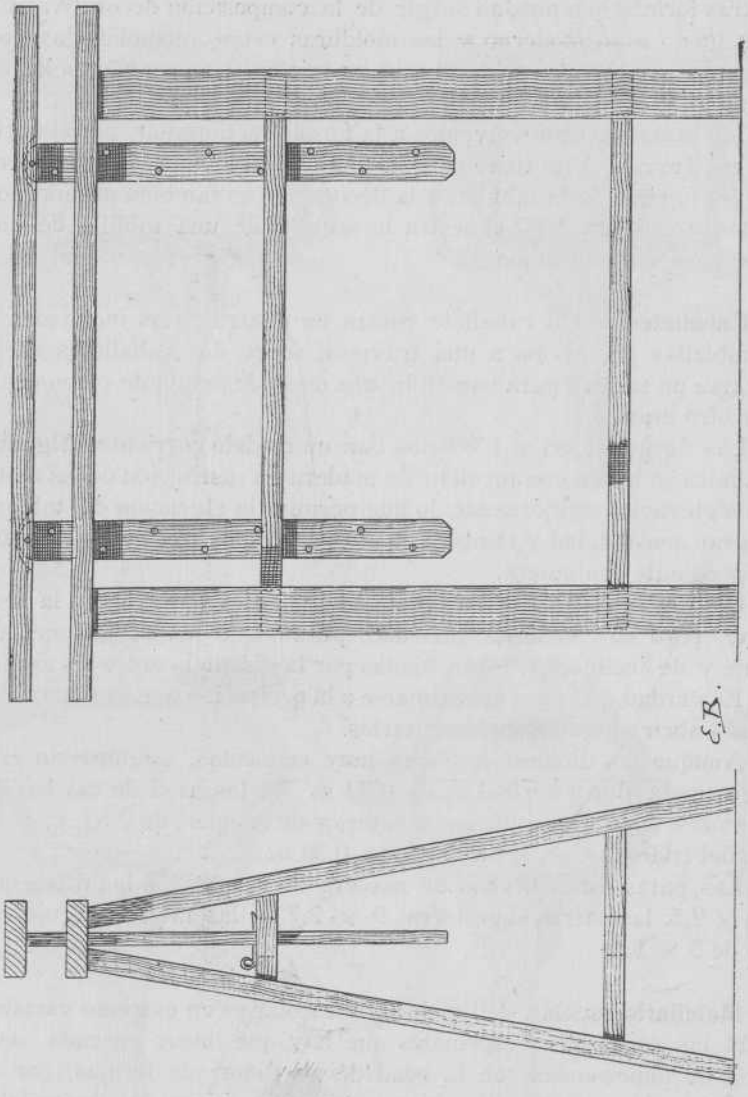
Las patas están hechas de madera de 5,4 × 2,7; las traviesas, de 5 × 2,5; las barras superiores, 9 × 2,7, y las tablillas agujereadas, de 5 × 1,3.

Mobiliario escolar.— El mobiliario escolar es en extremo variable según las condiciones especiales que hay que llenar en cada caso. Varía de dimensiones con la edad de los niños; de formas, con el género de los estudios, y de construcción según los materiales empleados.

No nos extenderemos demasiado en este asunto especial y nos contentaremos con presentar un tipo hecho en ebanistería que podrá servir de base al estudio de cualquier otro tipo que pudiera exigirse. Este mobiliario debe responder al mismo tiempo a las condiciones de

higiene, de comodidad y de especialidad de estudios a que está destinado.

Conforme acabamos de decir, deberá variarse la altura de los

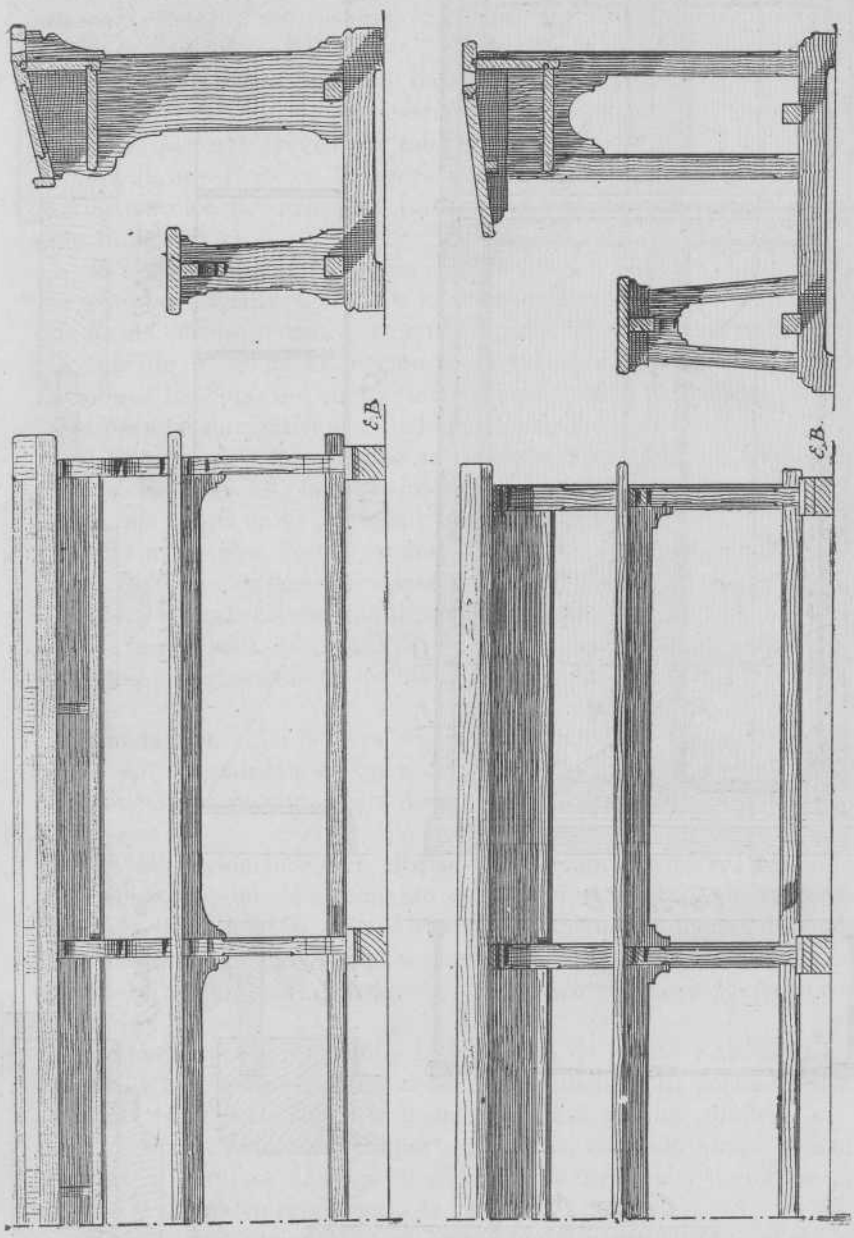


Figs. 1588 y 1589. — Caballete.

bancos y de las mesas, según que las clases estén destinadas a niños muy jóvenes o a otros que hayan adquirido cierto desarrollo.

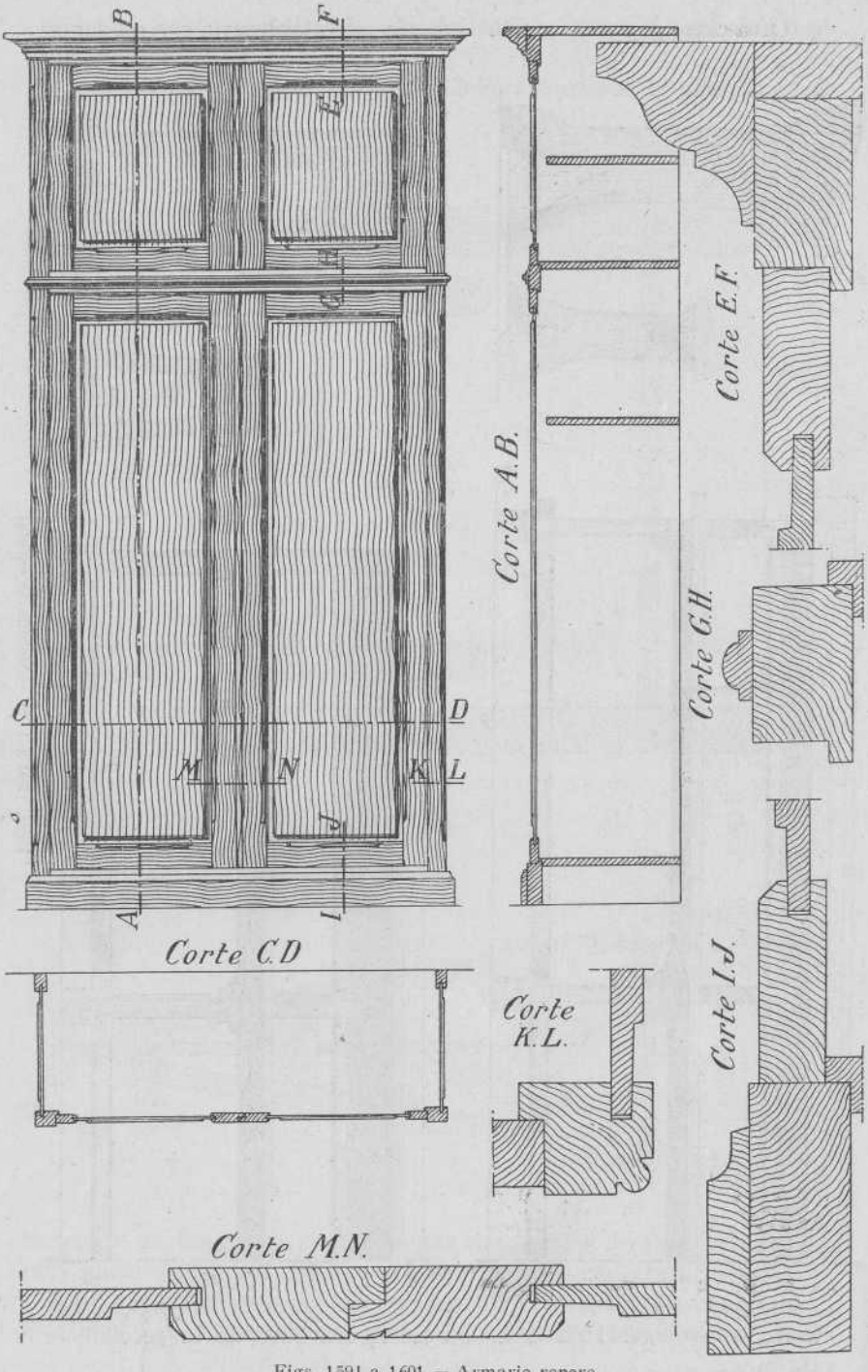
El primer ejémplo que damos (figs. 1590 y 1591), está construído de tablas llenas. Comprende, como puede verse, un banco y una mesa con pupitre. La figura 1591 da la sección.

Otra clase de construcción consiste en establecerla con maderas



Figs. 1590 a 1593. — Mobiliario escolar.

ensambladas (figs. 1592 y 1593). La figura 1593 da la sección de esta mesa.



Figs. 1594 a 1601. — Armario ropero.

Armario ropero. — Damos este armario, que es casi un mueble, porque puede servir en carpintería para el estudio de un armario enteramente fijo y sin costados. Se representa en conjunto y detalles en las figuras 1594 a 1601.

La figura 1594, elevación, indica que este armario abre en dos cuerpos; el inferior, que puede servir para poner perchas, y el cuerpo superior, que está provisto de tablas horizontales.

La figura 1595 es la sección *AB*, que muestra las tablas y la construcción del armario. La figura 1596 indica la planta o sección *CD*.

Este armario es de tableros moldados a un haz, con chaflanes en los montantes y traveseros. En la parte superior lleva una moldura que forma cornisa, como se ve en la figura 1597, sección *EF*. El corte por *GH* (fig. 1598) da la sección de la traviesa y muestra su rebajo para batir las hojas del cuerpo inferior, así como la disposición de la tabla para formar batiente a las hojas del cuerpo superior.

El zócalo de este armario se representa en la figura 1599, sección *IJ*. Se ve en ella la tabla inferior dispuesta de la misma manera que la que apoya en la traviesa y que acabamos de ver.

Los montantes de las esquinas, cuya sección *KL* damos en la figura 1600, llevan un rebajo para las hojas y una ranura para recibir el tablero lateral. La esquina lleva un junquillo.

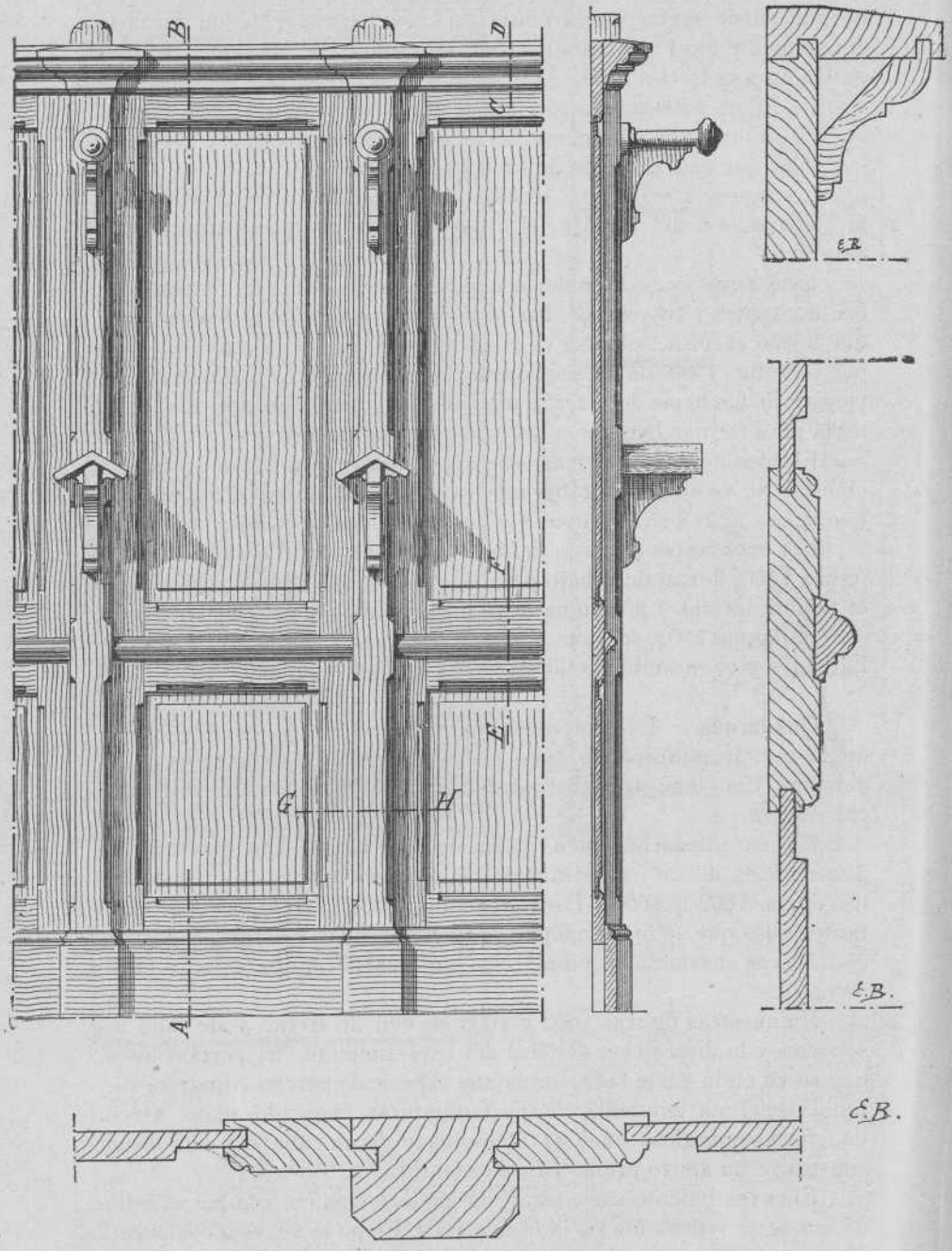
La figura 1601, sección *MN*, muestra la sección de los montantes batientes y el ensamble de los tableros moldados de las hojas.

Guadarnés. — Es la pieza anexa generalmente a una caballeriza, en la que se guardan en buen orden las monturas y arneses de los caballos. Conviene situar esta dependencia lo más cerca posible de la caballeriza.

En un guadarnés bien dispuesto, los muros van enteramente guarnecidos de un revestimiento de molduras remetidas o tableros lisos (figs. 1602 a 1606). Estos revestimientos se componen de montantes a los que se fijan soportes para poner sillas y arreos, y paneles de tableros ensamblados en marcos, que guarnecen los espacios entre montantes.

En nuestras figuras 1602 y 1603 se ven de frente y de lado los soportes y la disposición general del revestimiento. El portaarneses, que se ve en la parte superior es una especie de percha cilíndrica sostenida por una palomilla. El portamonturas, indicado abajo, afecta una forma angulosa análoga al espinazo de un caballo y esta forma constituye un apoyo propio para la montura.

El revestimiento suele estar coronado de una cornisa por el estilo de la que se representa en la figura 1604. Como se ve, está compuesta de una tablilla y una pieza moldurada oblicua ensambladas entre sí a ranura y lengüeta.



Figs. 1602 a 1606. — Guadarnés.

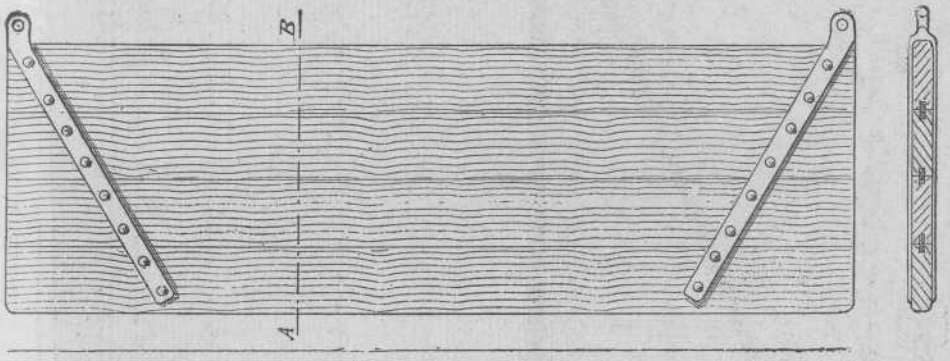
Cuando existe un cimacio, puede tratarse el revestimiento como indicamos en la figura 1605, haciendo la traviesa bastante ancha para que sea visible por encima y debajo del cimacio.

Representamos por último (fig. 1606) la sección del pie derecho y el ensamble de los tableros.

Vallas colgadas de cuadra. — Una valla colgada es una separación móvil, suspendida al muro y a un pilar por cadenas o cuerdas, y esencialmente desmontable, que se pone en una cuadra entre los caballos para evitar que se lastimen entre sí a patadas.

Suelen hacerse de tablas bastante gruesas, de 5,4 cm., ensambladas a ranura y lengüeta, según se indica en la figura 1608, sección *AB*.

Los herrajes de suspensión consisten en un estribo alargado que encepa las tablas y va empernado a cada una de ellas. Este estribo



Figs. 1607 y 1608. — Valla colgada.

termina arriba por un ojo al que se engancha un mosquetón en que termina la cuerda de suspensión. Este mosquetón permite desenganchar fácilmente y hacer caer la valla en el caso de engancharse un caballo en ella y no poderse soltar.

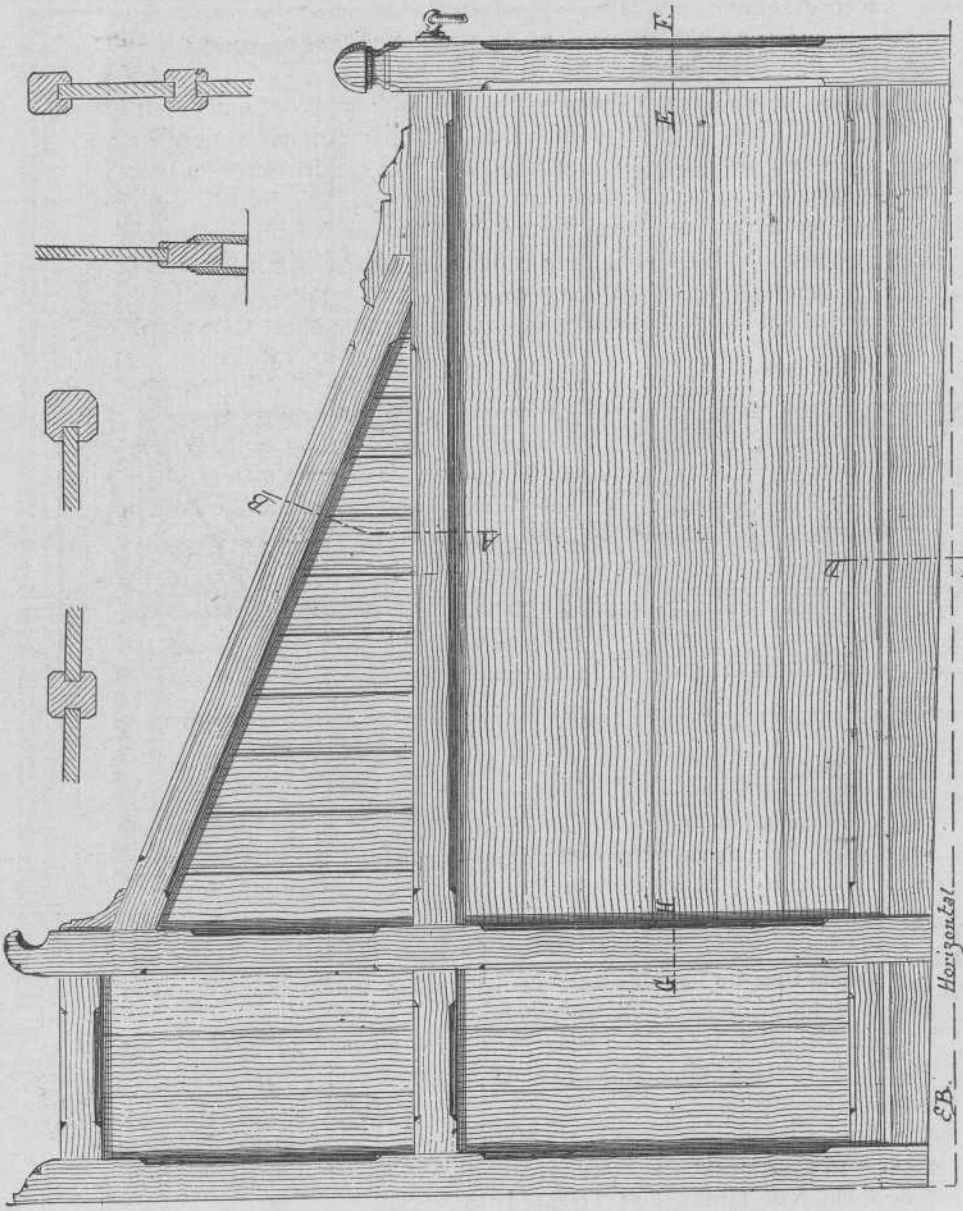
Vallas fijas de caballeriza.—En cuadras de cierta importancia se ponen en lugar de las vallas suspendidas.

La longitud de estas vallas es por lo menos de 2,50 m., su altura, de 1,30 aproximadamente en la parte anterior y 2,00 m. tomada cerca del rastrillo.

Nuestro primer ejemplo es de construcción muy sencilla. Esta valla está compuesta de montantes y traviesas que forman bastidor y de forjado de tablas (figs. 1609 a 1613).

En cuanto a su construcción, la sección *AB* (fig. 1610) nos muestra dos traviesas de madera de 8×8 ranuradas ambas para recibir el tablero superior de duelas de 2,7 con junquillos y la inferior ranurada

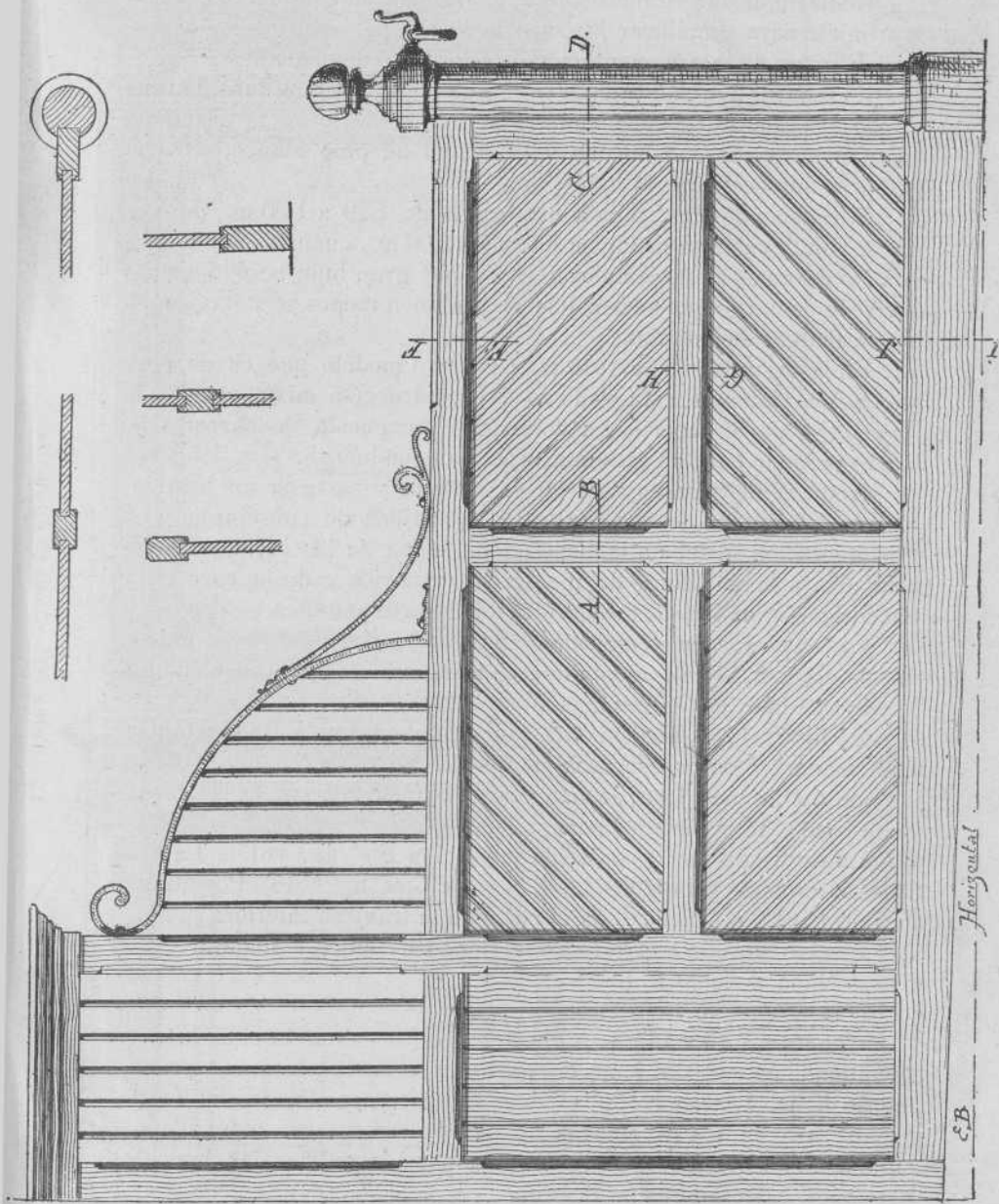
para madera de 3,4 cm. Los otros tres recuadros son de madera de 3,4 ensamblada a ranura y lengüeta.



Figs. 1 609 a 1613. – Valla de caballeriza.

La sección *CD* (fig. 1611) indica la parte baja de la valla que se apoya en el suelo. Esta parte está compuesta de una traviesa de 5,4 cm.

de espesor, en la que va embutido el tablero, y de dos plintos de madera de 1,8 cm. con una pequeña moldura.



Figs. 1614 a 1619.—Valla de caballeriza.

El pie derecho anterior, sección *EF* (fig. 1612) es de madera de 12 × 12 y lleva embutido en una ranura el tablero de la luneta.

Por último, los otros pies derechos, sección *G H* (fig. 1613), son de 11 × 11.

Hemos indicado en nuestro dibujo algunas molduras que podrían suprimirse para simplificar la construcción y persiguiendo la economía. El resto de la ornamentación está formado de chaflanes.

Es natural que este trabajo debe hacerse en madera dura, porque siendo los caballos poco cuidadosos de su mobiliario, no tardarían en dejar en muy mal estado una valla hecha de pino blanco, y sería entonces una economía al revés.

El espacio de una valla a otra varía de 1,70 a 1,80 m., pero es mejor aún llevar esta distancia hasta los 2,00 m., cuando se pueda.

No daremos aquí ejemplos de vallas de gran lujo, pero debemos decir sin embargo que suelen hacerse también menos sencillas que la que acabamos de examinar.

En las figuras 1614 a 1619 tenemos otro modelo que es un poco más lujoso. Además, esta valla es de construcción mixta en el sentido que la parte superior es de hierro, compuesta de barrotes de hierro redondo para no presentar esquinas que hieran.

Aquí, el pie derecho anterior es redondo y sostiene un bastidor forjado de tableros de dos caras con junquillos de cubrejuntas. La ornamentación se debe a la disposición oblicua de las tablillas, a los chaflanes, a las molduras del pie derecho anterior y de la cornisa, y por último, a los forjados retorcidos de la parte metálica.

Las maderas que componen el bastidor son de 9 × 5,4 y de la misma escuadría para montantes y traveseros, salvo, no obstante, la traviesa inferior, que es más alta.

La figura 1615, sección *A B*, muestra el ensamble de las tablas, que tienen 2,7 de espesor solamente. El pie derecho, figura 1616, sección *C D*, tiene 13 cm. de diámetro en el fuste y 17 cm. en la cabeza, en la base y en la parte empotrada.

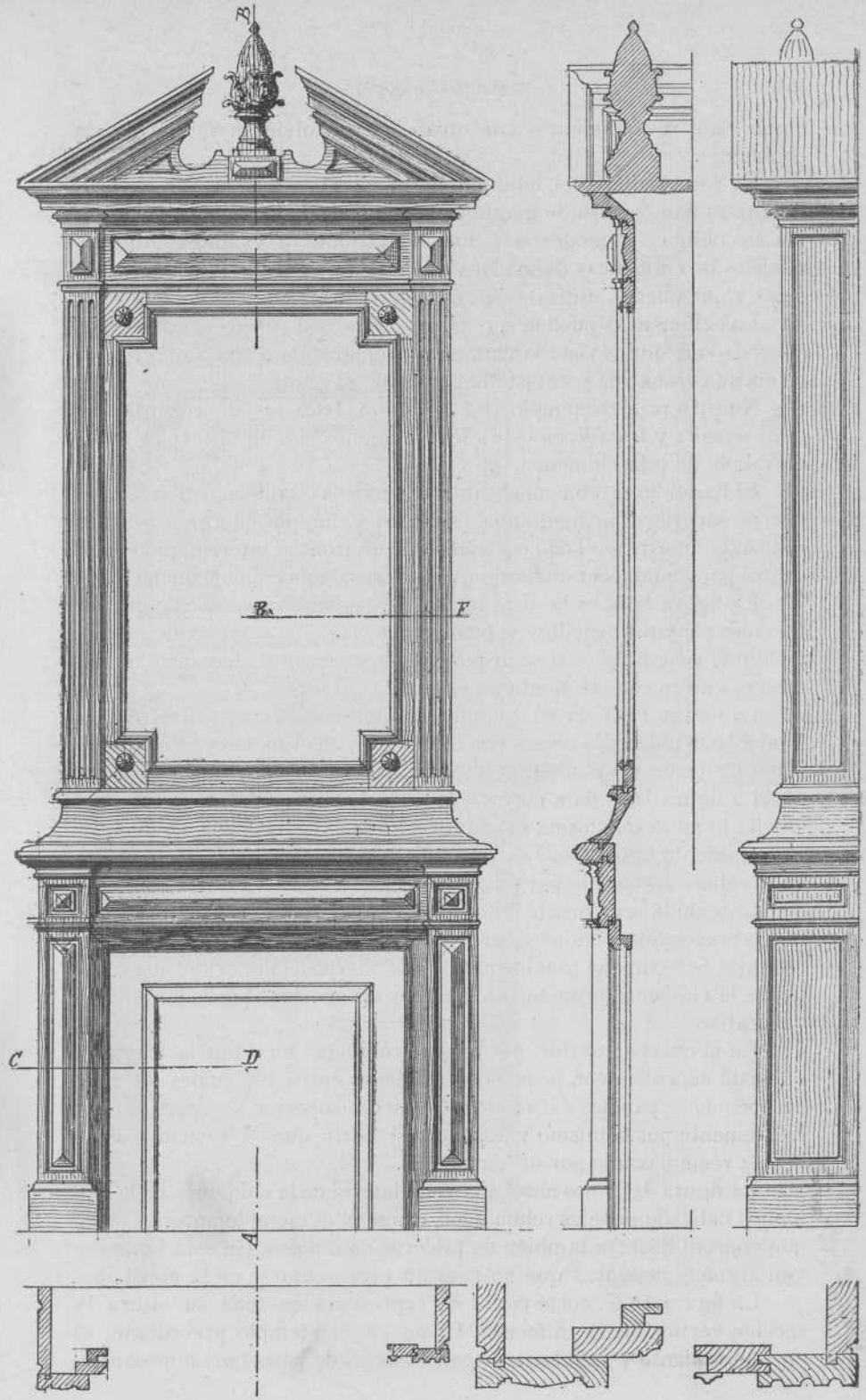
La traviesa superior presenta la sección *E F* (fig. 1617). La traviesa intermedia está indicada en el corte *G H* (fig. 1618). Por último, la figura 1619, sección *I J*, da el corte de la traviesa inferior.

Los barrotes de hierro redondo tienen 18 mm. de diámetro y el hierro plano es de 40 × 16.

Chimeneas de madera. — Por las palabras chimeneas de madera se entiende un revestimiento de ebanistería de la chimenea propiamente dicha, y esta envoltura debe estar siempre alejada del fuego

El uso de las chimeneas no parece remontarse más allá del siglo XII. Anteriormente se utilizaban para la calefacción hornillos portátiles, calentadores y braseros.

Las primeras chimeneas se construyeron de piedra y por esto se prestaban poco a una ornamentación apropiada a las habitaciones en que se empleaban ya los revestimientos de madera, y fué preciso com-



Figs. 1620 a 1625. – Chimenea de madera.

pletar estos revestimientos con otros que envolvieran totalmente la chimenea.

En los castillos del fin de la época ojival y durante el Renacimiento se han construído magníficas chimeneas, pero nuestro programa nos obliga a la modestia y nos limitaremos a examinar algunos modelos de chimeneas de madera de dimensiones relativamente reducidas y que pueden utilizarse en casas de alquiler.

Las chimeneas pueden ser, mejor dicho, son casi siempre de dos cuerpos, uno que reviste la chimenea propiamente dicha y el otro que forma su coronación y reviste la campana, si existe.

Nuestro primer ejemplo (figs. 1620 a 1625) es de construcción muy sencilla y tratado en estilo Renacimiento. La figura 1620 da la elevación de esta chimenea.

El basamento, con montantes y traviesas talladas en bisel. El cuerpo superior con montantes estriados y un marco con rosetones rodeando un espejo. Todo coronado por un frontón interrumpido en el centro para establecer un florón que descansa sobre una pequeña base.

La figura 1622 es la vista lateral de esta chimenea. Se ve que los costados son muy sencillos y pueden hacerse con revestimientos de molduras remetidas o, si se dispone del herramental necesario, de un tablero entero con las molduras excavadas al tupí.

La figura 1621 da el conjunto de la sección vertical *A B*. La figura 1623 indica los cortes por *C D* y *E F*, en el zócalo y en el cuerpo superior donde se encuentra el espejo.

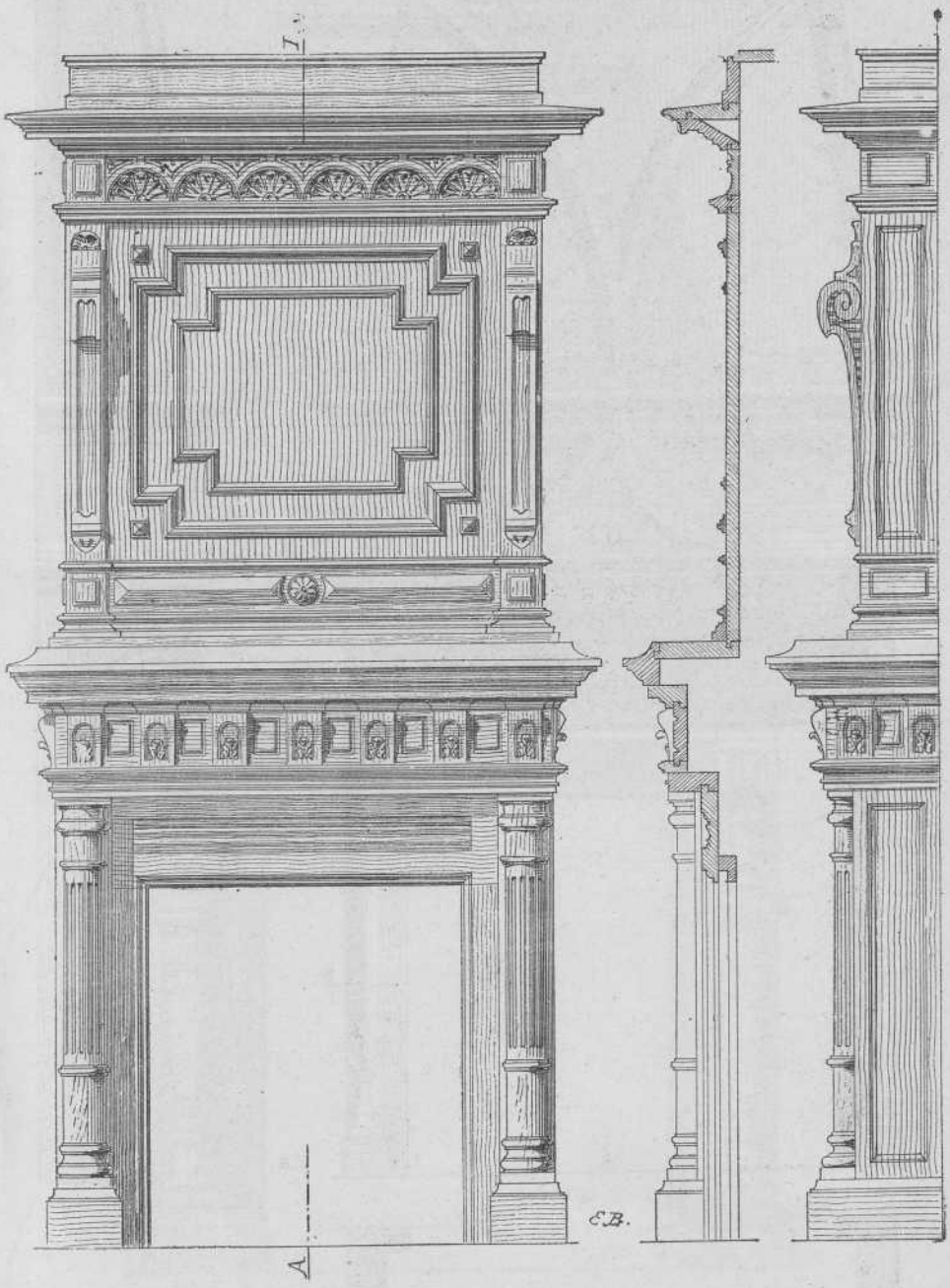
La figura 1624 da a mayor escala la sección *C D*. Se observará en ella la pieza que forma la ranura para encajar los azulejos de loza. Por último, la figura 1625 es la ampliada de la sección *E F*, donde se ve el rebajo preparado para alojar el espejo.

Concebida igualmente en el gusto del Renacimiento, la chimenea que representamos en las figuras 1626 a 1628 es más rica que la precedente. Se compone igualmente de dos cuerpos, el inferior, que constituye la chimenea propiamente dicha, y el superior, que es puramente decorativo.

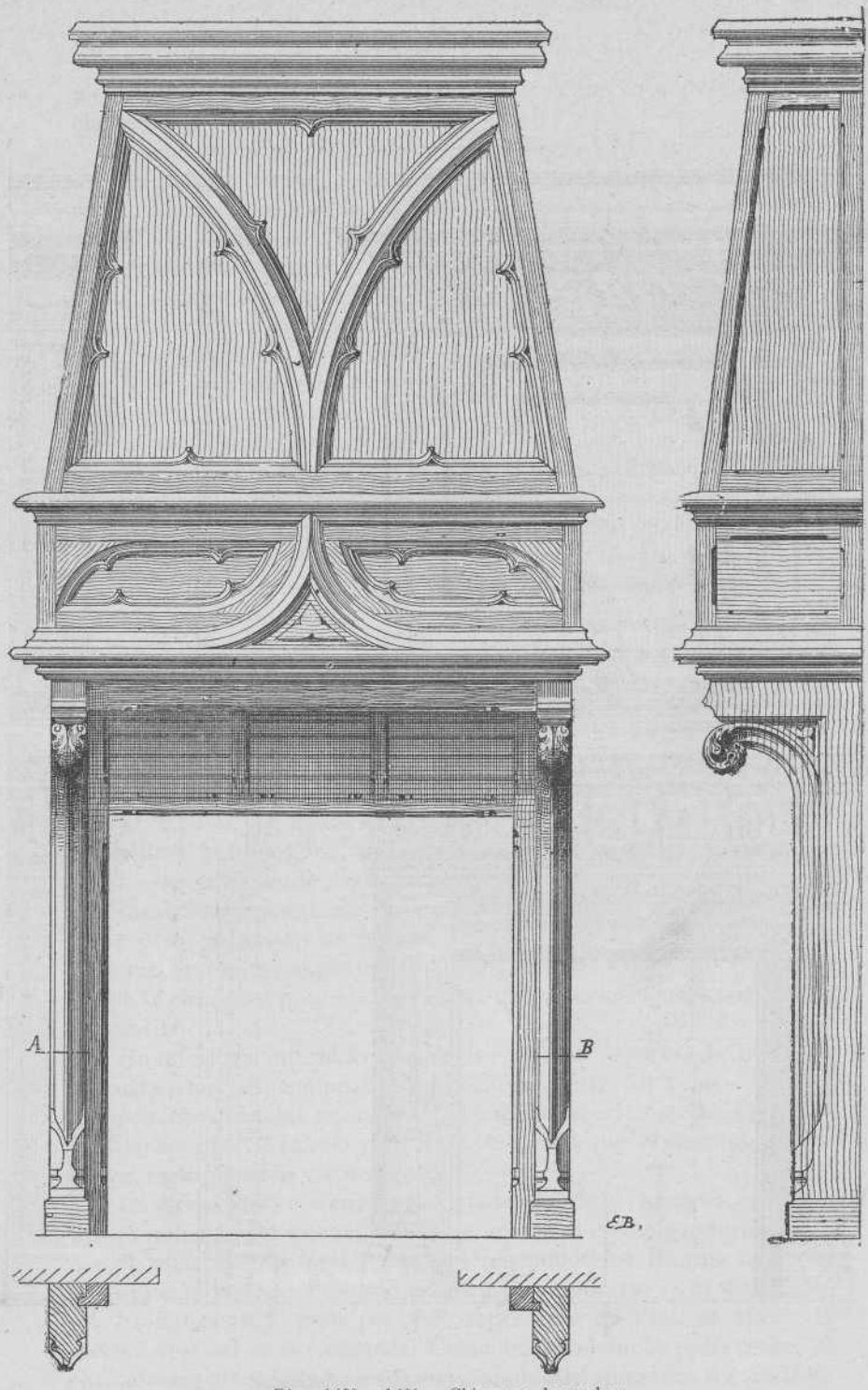
En el cuerpo inferior, dos medias columnas soportan la traviesa, que está adornada con pequeños modillones entre los cuales se colocan pequeños paneles excavados. El cuerpo superior se describe suficientemente por sí mismo y nos bastará decir que el recuadro lleno podría reemplazarse por un espejo.

La figura 1628 nos enseña la vista lateral de la chimenea en la que hemos indicado paneles rehundidos, como en el ejemplo anterior, pero que podrían hacerse también de tableros embutidos. En esta figura se ven algunas molduras que no podrían representarse en la elevación.

La figura 1627, corte por *A B*, representa en toda su altura la sección vertical de la chimenea. Como en el ejemplo precedente, el encuadramiento puede hacerse con azulejos de porcelana o mosaicos.



Figs. 1626 a 1628. — Chimenea de madera.



Figs. 1629 a 1631. — Chimenea de madera.

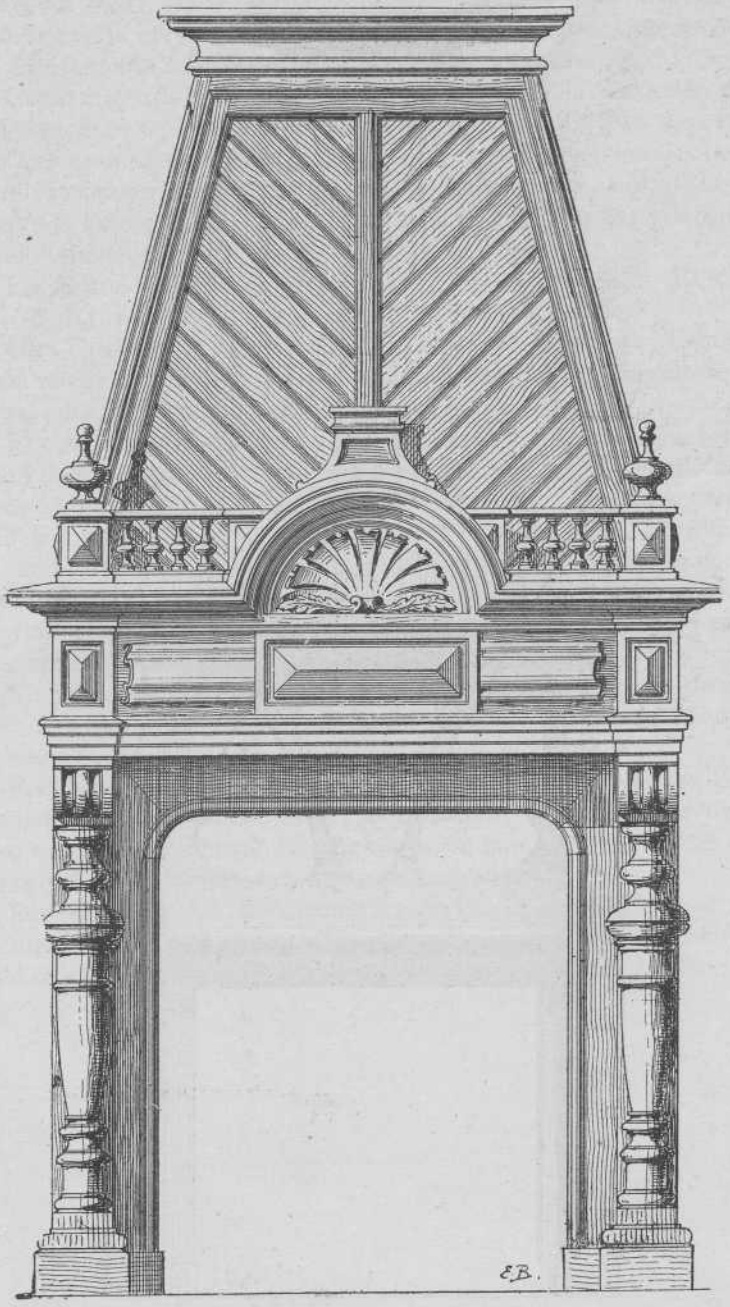


Fig. 1632. — Chimenea de madera.

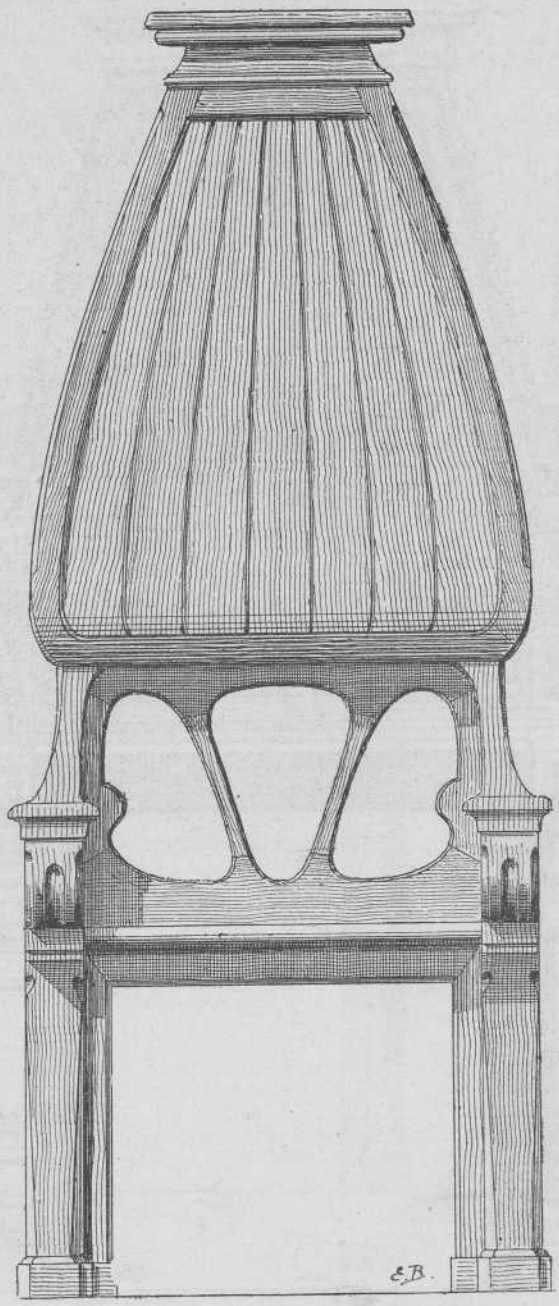


Fig. 1633. – Chimenea de madera.

Veamos ahora un ejemplo en el estilo de fines del siglo XVI (figuras 1629 a 1631), que es verdaderamente un mueble que podría desplazarse con la mayor facilidad porque la chimenea propiamente dicha está enteramente comprendida en el espesor del muro.

Como muestra la figura 1629, que representa la elevación de la chimenea, ésta se compone solamente de dos jambas y de una campana que es desde luego simplemente decorativa. Los jambajes tienen un saliente muy pequeño, de unos 18 cm. hasta cierta altura, después hacen una inflexión para soportar el vuelo de la campana y terminar en una hoja decorativa.

La figura 1630 es la vista lateral de la chimenea. El corte por *A B* (fig. 1631) da solamente la sección de las jambas.

Otra chimenea Renacimiento, también con campana. Esta chimenea puede emplazarse lo mismo en un muro que en el ángulo de dos muros, pues su forma se presta a ello perfectamente.

El cuerpo inferior, o chimenea propiamente dicha, es una combinación de los dos primeros ejemplos, solamente con algunas modificaciones o adiciones (fig. 1632). Hemos construído la campana con un bastidor y recuadros formados de tablas machihembradas con junquillos embutidas en un marco. Evidentemente que las tablillas machihembradas podrían sustituirse por tableros moldurados, pues la importancia del trabajo del cuerpo inferior de esta chimenea lo explicaría perfectamente.

No queremos terminar sin dar también algún ejemplo de arte moderno o que se le parezca. La figura 1633 nos ofrece un ejemplar de chimenea con líneas de este estilo llamado moderno.

Podríamos quizá haber hecho mejor elección, porque hay cosas muy bonitas en este nuevo estilo, sobre todo las diseñadas por arquitectos que, siendo admirables dibujantes, se han especializado en este género y han producido creaciones de gran valor.

Pero no queremos hacer aquí una crítica del arte moderno, y además nuestra figura no tiene más pretensión que indicar una forma, por lo que haremos punto y pasaremos a otra cosa.

CAPÍTULO XVII

Molduras, adornos y detalles

Molduras y detalles

Molduras.—En Arquitectura, se llaman así los adornos que sirven para determinar o acentuar las diversas partes de un monumento o edificio.

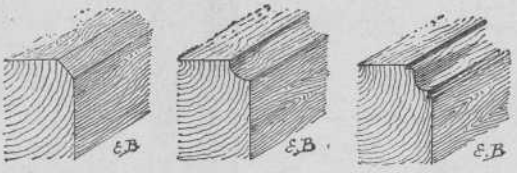
En carpintería no se apunta tan alto, pero se emplean también las molduras y, como en suma la carpintería forma parte de la construcción y de la ornamentación, no es otra cosa que la aplicación del trabajo de la madera para contribuir al gran todo que es la Arquitectura.

Las molduras se dividen en dos categorías: molduras simples y molduras compuestas. Las molduras simples son: el *filete* o *listel*, la *faja*, el *astrágalo* o *baquetilla*, el *toro*, el *cuarto bocel*, el *equino* u *óvalo*, el *caveto* y la *escocia simple*.

Las molduras compuestas son: la *gola*, el *talón* o *gola invertida* y la *escocia compuesta*.

Con estas formas principales se llegan a constituir todos los cuerpos de molduras que en Arquitectura se emplean. Encontraremos seguramente otros nombres, pero serán debidos a la tendencia común en construcción a crearse una terminología particular, teniendo en cuenta tanto la forma de cada elemento como el lugar que ocupa en el conjunto.

Chaflanes. — El *chaflán sencillo* u ordinario consiste nada más que en matar una arista saliente (figura 1634).



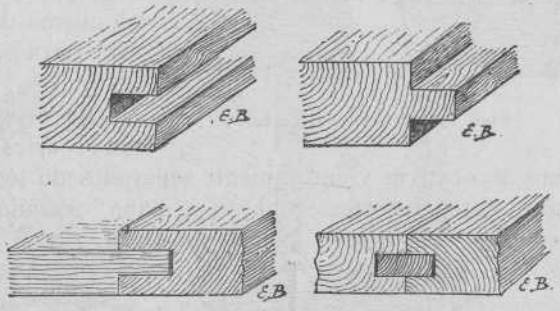
Figs. 1634 a 1636. — Chaflanes.

El chaflán de garganta o escocia presenta generalmente la forma de un cuarto de círculo (fig. 1635).

El chaflán moldurado puede variar su perfil desde el cuarto bocel con dos junquillos hasta las molduras muy complicadas. Generalmente suele ser más bien sencillo, a causa de sus dimensiones (fig. 1636).

Ranura y lengüeta.—La *ranura* es una pequeña canal practicada en la madera y destinada a recibir la lengüeta (fig. 1637).

Lengüeta es una especie de espiga continua que presenta próximamente el tercio del espesor de la pieza en que está labrada y se destina a penetrar en la ranura para hacer solidarias dos piezas de madera (fig. 1638). Las piezas así unidas se dice están *machihembradas*.



Figs. 1637 a 1640.—Ranuras y lengüetas.

La lengüeta puede ser de dos enrases, como la anterior, o de un sólo enrase y entonces se llama de espaldón (fig. 1639). Por último, puede ser postiza y entonces es una tira de madera o *ánima* que entra en las ranuras practicadas en ambas piezas (fig. 1640).

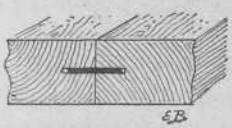


Fig. 1641.
Lengüeta metálica.

Debemos mencionar también la lengüeta metálica, que tiene la ventaja de ser más resistente que la de madera y no necesitar más que ranuras de pequeño espesor, lo cual debilita mucho menos la madera (fig. 1641).

Rebajo. — Un *rebajo* es una entalladura longitudinal destinada a recibir una carpintería móvil, panel o parte que trabaja (fig. 1642). El rebajo no debe confundirse con la ranura: el rebajo consta sólo de dos planos, mientras la ranura se compone de tres.

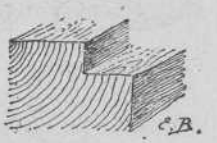


Fig. 1642. — Rebajo.

Recortes. — Los detalles de carpintería que acabamos de examinar pueden ir recortados en una o en las dos extremidades. Sólo nos ocuparemos de los recortes de los chaflanes.

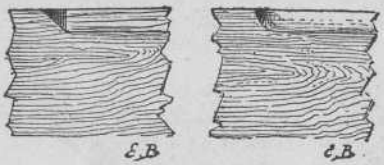


Fig. 1643. - Recorte.

El recorte o final a escuadra puede emplearse con toda clase de chaflanes y para molduras cualesquiera. En nuestro dibujo se ha aplicado al chaflán rectilíneo (figura 1643).

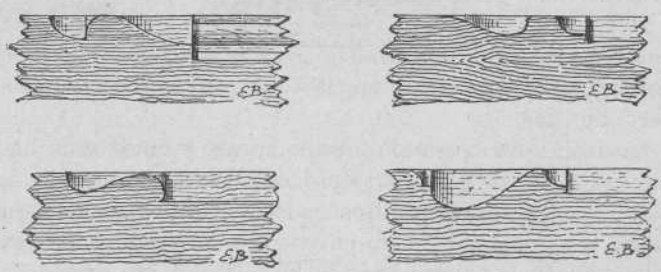
El recorte a inglete sólo conviene para el chaflán rectilíneo ordinario (fig. 1644). El de mediacaña puede emplearse para recortar un chaflán ordinario o

un chaflán de gorguera (fig. 1645). Este recorte se obtiene muy fácilmente con la máquina y puede decirse que obtenido así no cuesta nada, puesto que resulta de la forma misma de la herramienta que sirve para labrar el chaflán.



Figs. 1644 y 1645. — Recortes.

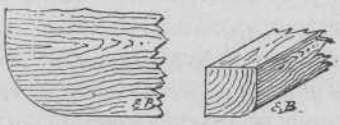
Recortes perfilados. — Se hacen recortes perfilados más o menos decorativos y enteramente separados de los chaflanes que rematan. Estos recortes se hacen a mano, trazados previamente sobre



Figs. 1646 a 1649. — Recortes perfilados.

las dos caras y con el escoplo o la gubia, si es preciso. En las figuras 1646 a 1649 damos algunos ejemplos.

Los recortes de rebajos, de ranuras y lengüetas se hacen simplemente por la no continuación de estos elementos en la pieza.



Figs. 1650 y 1651. — Redondeado.

Redondeado. — Para evitar las aristas peligrosas se recortan en forma de cuarto de círculo las esquinas de las piezas, sea en planta o en alzado, como se ve respectivamente en las figuras 1650 y 1651.

Garganta de desagüe. — Es una pequeña canal con pendiente hacia el centro, que se hace en las peanas de las ventanas para la



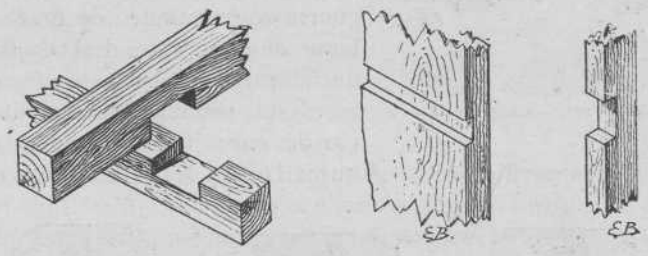


Figs. 1652 y 1653. — Peana.

evacuación del agua de condensación (fig. 1652). El agua es con-

ducida al exterior por otra canal más pequeña perpendicular, *b* (figura 1653).

Entalladuras. — Se hacen generalmente, o para ensamblar dos



Figs. 1654 a 1656. — Entalladuras.

piezas a media madera (fig. 1654), o para proporcionar apoyo a una tabla horizontal (figs. 1655 y 1656), o para algo semejante.

Junquillo cubrejunta.—Sirve para disimular en lo posible la abertura que produce la contracción de la madera. De las líneas formadas por el junquillo resulta una confusión muy propia para disimular el claro producido por la desecación de la madera (figura 1657).

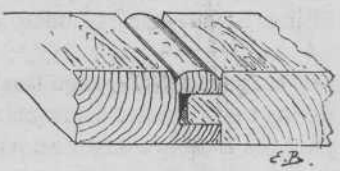
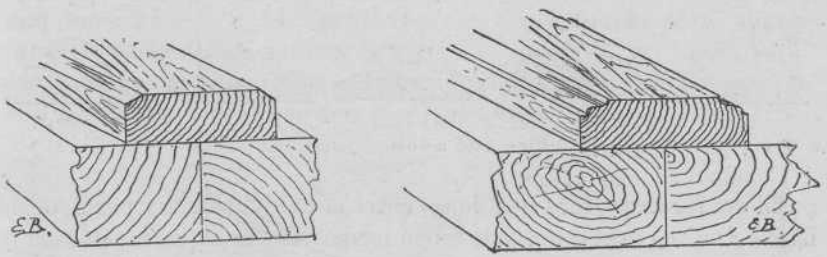


Fig. 1657. — Junquillo cubrejunta.

Cubrejunta. — En carpintería es una moldura plana que sirve para recubrir las juntas de tabiques de tablas. El cubrejunta puede

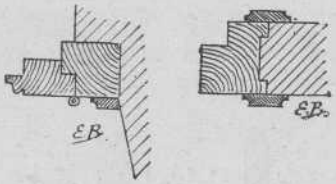


Figs. 1658 y 1659. — Cubrejuntas.

ser liso (fig. 1658), o adornado de perfiles, como se ve en la figura 1659.

Calafateados.—Para hacer invisibles los claros producidos por la contracción de las maderas en contacto con la mampostería o los

enlucidos, se emplean tablillas delgadas que se clavan a pequeñas distancias.



Figs. 1660 y 1661. — Calafateados.

Para calafatear los marcos de ventana, se emplea una tablilla moldurada (fig. 1660); para los cercos de puerta en entramado de madera o tabique de panderete, dos tablillas molduradas (fig. 1661).

Estas tablillas, que son una especie de cubrejuntas, pueden adoptar alguno de los perfiles de las figuras 1662 a 1664. La primera lleva

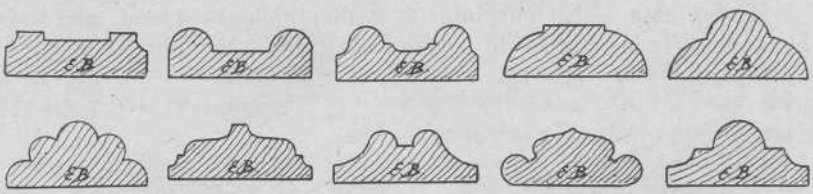


Figs. 1662 a 1664. — Calafateados.

sus ángulos matados por un caveto; la segunda por una gola, y la última lleva filetes y cuarto bocel.

Baquetones o junquillos moldurados. — Cierto número de perfiles de los que vamos a examinar pueden servir también como baquetones para calafatear. Esto se refiere a todos los que presentan una cara de forma plana, o dos caras planas a escuadra, como por ejemplo, un junquillo cuarto bocel que podrá muy bien emplearse para calafatear una raja en un ángulo, en el contorno de una ventana por ejemplo.

La figura 1665 está moldurada con dos cavetos y la cara superior ahuecada con una canal poco profunda. La figura 1666 representa un



Figs. 1665 a 1674. — Junquillos.

perfil de dos astrágalos que dejan entre sí una canal. El perfil de la figura 1667 es más rebuscado en su forma: la canal es moldurada y los astrágalos se convierten en talones. Dos cuartos de bocel y una faja forman el junquillo de la figura 1668. La figura 1669 es una sección trilobular. El perfil de la figura 1670 se compone de cinco baquetillas semirredondas de dimensiones diferentes. El junquillo de la figura 1671 se compone de un listel, talones y pequeños cavetos.

El perfil de la figura 1672 está compuesto de dos talones y una canal entre ambos. Esta forma es bastante favorable para el clavado,

que ofrece dificultades en otras molduras para poder ocultar las cabezas de los clavos.

La figura 1673 representa un perfil compuesto de dos talones y dos equinos. No es conveniente más que colocado verticalmente, pues horizontalmente, el polvo se acumularía por los bordes levantados. Por último, la figura 1674 termina nuestra serie de baquetones propios para calafatear en una superficie plana.

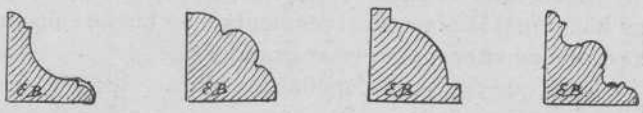


Figs. 1675 a 1677. — Junquillos.

Los junquillos redondos exteriormente (figs. 1675 a 1677), son de tres secciones distintas y de 0,75, de 1 y de 1,25 cm. de radio. El cuarto de bocel (fig. 1675), que se coloca en los ángulos entrantes; el semirredondo (fig. 1676), que se coloca de plano en el borde de una esquina o simplemente como cubrejuntas; por último, el junquillo de esquina o tres cuartos de bocel (fig. 1677), que se pone a caballo sobre la bisectriz del ángulo y protege la esquina contra los desconchones.

Todos los perfiles se fijan clavándolos. No obstante, en ciertos casos en que la moldura presenta partes planas, pueden usarse tornillos.

Diversos perfiles de junquillos de ángulo. — La figura 1678 representa un junquillo para ángulo entrante con un caveto y dos cuartos de bocel; la 1679 es un perfil trilobular, también para ángulo



Figs. 1678 a 1681. — Junquillos para rincones.

entrante; en la figura 1680 se ve un cuarto de bocel con dos filetes poco importantes; y la figura 1681 es un junquillo para ángulo entrante, bastante moldurado.

Análogas en principio a la figura 1677, pero de perfil más complicado, son las molduras que representamos en las figuras 1682 a 1686,



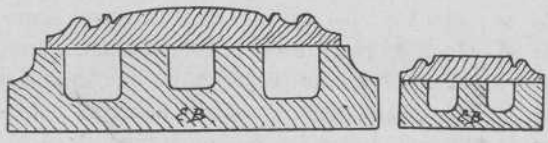
Figs. 1682 a 1686. — Junquillos para esquinas.

todas para guarnecer ángulos salientes. Las tres primeras son trilobuladas, con ligeras diferencias de trazado. Las dos últimas son perfiles compuestos.

Cajetines para instalaciones eléctricas.— Pueden hacerse de todos los perfiles, simétricos o no, según se requiera, siempre que presenten por debajo una cara lisa. La única particularidad reside en que van acompañados de una tablilla labrada en canales para alojar los hilos, siendo la moldura como una tapa protectora.

Estos *cajetines* se hacen con un número variable de canales, según las necesidades. El de nuestra figura 1687 tiene tres, y dos el de la 1688.

Las ranuras o canales varían con el número y la forma de los hilos que deben alojar. Tienen, según las necesidades, de 0,3 a 3 cm. de ancho. Su profundidad es generalmente igual al ancho y el fondo de las canales es de ángulos redondeados o semicircular, según los diferentes casos en la práctica.



Figs. 1687 y 1688. — Cajetines.

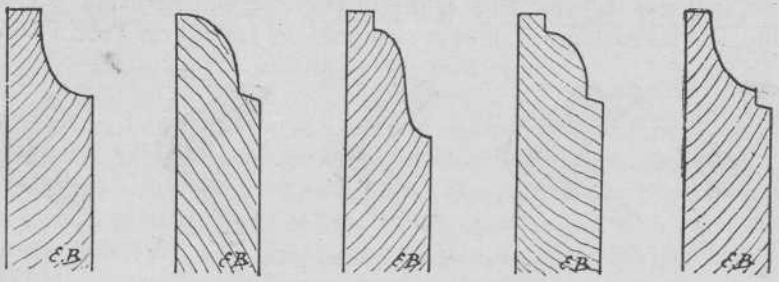
Debemos decir que también se practican canales para alojar los hilos en todas las molduras que sirven para decoración de las habitaciones. Estas canales se abren entonces en las líneas más favorables de las cornisas, jambajes o moldura cualquiera, teniendo cuidado de estudiar el perfil para que una parte moldurada suficiente pueda ser movible y representar el papel de tapadera para disimular los hilos.

Para hacer más fácilmente el desmontaje, es bueno colocar a tornillo estos recubrimientos, para evitar grandes deterioros al tener que revisar o cambiar los hilos.



Figs. 1689 y 1690. Plintos.

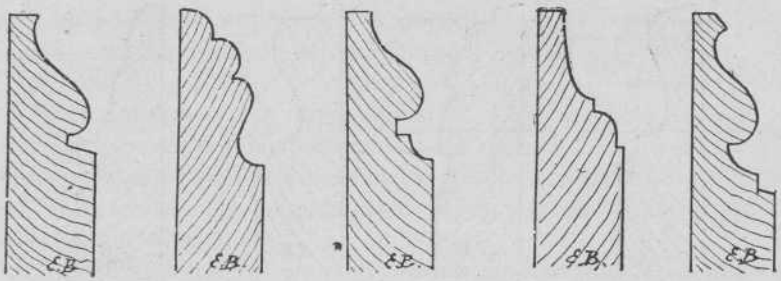
Plintos y estilobatos. — Para proteger la parte baja de los muros o tabiques, se colocan inmediatamente encima del entarimado, tablas delgadas acepilladas, de 11 cm. de altura aproximadamente y 1,3 a 1,8 cm. de espesor (fig. 1689). Los *plintos* pueden



Figs. 1691 a 1695. — Molduras de plintos.

ser también moldurados y entonces se hacen de una pieza de 1,8 a 2,5 cm. de espesor (figura 1690).

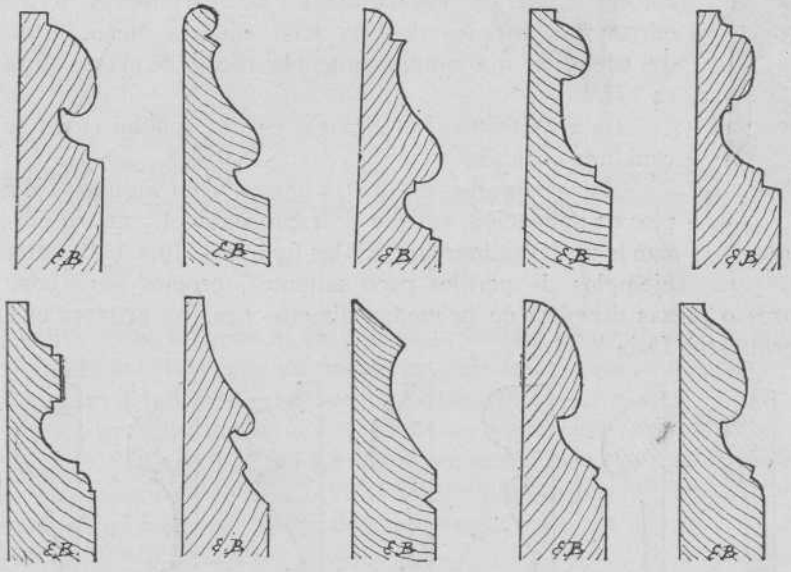
Los *estilobatos* sólo difieren de los plintos en su mayor altura, ordinariamente de 22 cm.



Figs. 1696 a 1700. — Molduras de plintos.

La parte superior, en uno u otro caso, se pone horizontal y la inferior sigue todas las sinuosidades del pavimento; cuando son molduradas, lo son únicamente por el borde superior.

Los perfiles son más o menos complicados y las figuras 1691 a 1695 dan algunos ejemplos. La primera moldura es un caveto; la segunda un cuarto de bocel y un listel; la tercera un talón y un listel; la

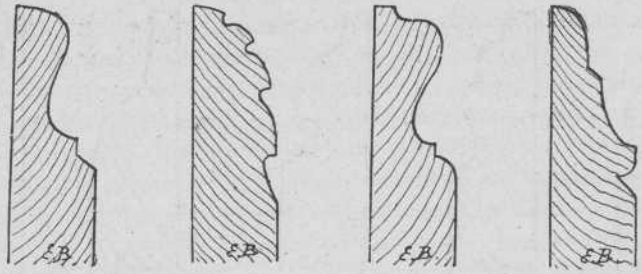


Figs. 1701 a 1710. — Molduras de plintos.

cuarta un cuarto bocel y dos filetes; por último, la quinta un caveto y un filete.

Después vienen las figuras 1696 a 1700, que son molduras ya más rebuscadas, pero siempre compuestas de los elementos ya conocidos.

Aunque se disponga de poca madera, puesto que una tabla de 1,3 cm. no permite hacer una moldura muy pronunciada, se ve que



Figs. 1711 a 1714. — Molduras de plintos.

no faltan combinaciones de perfiles y, sin embargo, no pretendemos ni mucho menos haberlas agotado.

Guiados siempre por la misma idea de proporcionar el mayor número de ejemplos, hemos compuesto las figuras 1701 a 1714, que constituyen un surtido ampliamente suficiente.

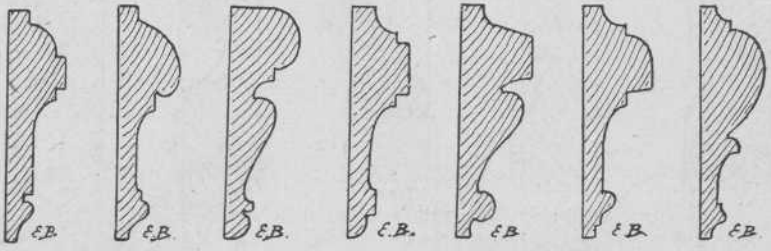


Fig. 1715. Cimacio.

Cimacio. — El *cimacio* es una moldura que sirve de coronación a un revestimiento de carpintería o que enrasa las paredes de una habitación a cierta altura del suelo. Se fija simplemente por medio de clavos (figura 1715).

En arquitectura, el cimacio es una moldura que corona una cornisa.

En las figuras 888 a 893 hemos visto algunos ejemplos de aplicación, en que se representa el cimacio coronando un revestimiento. En las figuras 1716 a 1719 damos ejemplos de perfiles poco salientes, propios para comedores o piezas diversas de pequeñas dimensiones. La primera es un perfil estilo Luis XVI.



Figs. 1716 a 1722. — Cimacios.

Las figuras 1720 a 1722 presentan perfiles con más cuerpo, y proporcionándolos bien pueden emplearse en habitaciones de más importancia.

Jambajes. — Las puertas interiores están ordinariamente encuadradas con una moldura de dimensiones variables según la importancia de la puerta a que acompaña. En las construcciones muy sencillas puede hacerse esta moldura con una madera de 1,3 × 5 cm. (fig. 1723).

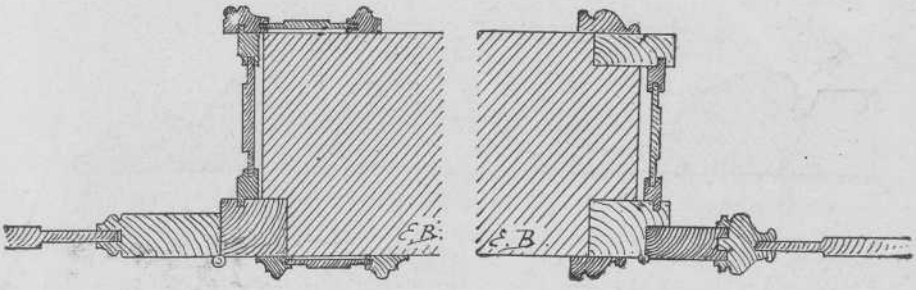


Fig. 1723. — Jambaje.

En los trabajos más importantes, el jambaje ya no es una simple moldura de encuadramiento, sino una verdadera obra de carpintería compuesta de varias piezas ensambladas que se convierten en un verdadero revestimiento (fig. 1724).

Las hojas de puerta enrasan ordinariamente uno de los lados del muro, de manera que puedan abrirse por completo y abatirse contra el muro, disimulándose. Por este lado está el jambaje. Por el otro, el hueco está encuadrado por un contrajambaje. Los dos marcos fijos se reúnen por un revestimiento (fig. 1725).

El jambaje sirve al mismo tiempo que como motivo de decoración para calafatear la junta de la madera con el yeso del enlucido. Puede



Figs. 1724 y 1725. — Jambajes.

ser liso, pero lo general es que vaya moldurado. Hasta el jambaje llega el papel o la tela que cubren las paredes, y cuando existen revestimientos de madera éstos se ensamblan con él.

Ya sea para unirse al revestimiento o simplemente a un cimacio, la moldura llamada jambaje debe presentar siempre una superficie plana, de un saliente igual por lo menos al del revestimiento y, sobre todo, al del cimacio, que no debe en ningún caso ser de espesor superior al del jambaje.

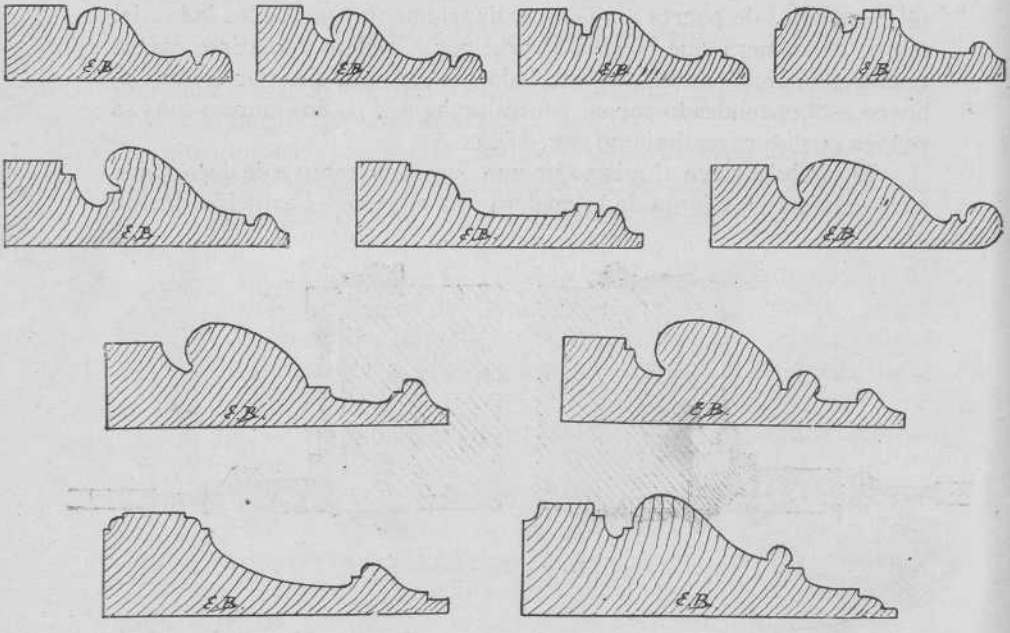
Debemos decir, no obstante, que esto ocurre algunas veces y que entonces precisa matar con un redondeado el cimacio demasiado saliente, para suavizar el encuentro perpendicular de las dos molduras distintas.

La figura 1726 nos ofrece un jambaje cuyo perfil se compone de una parte plana, de un talón y un pequeño cordón.

Las figuras 1727 y 1728 presentan dos jambajes de la misma forma general que el precedente, pero algo más detallados. En la figura 1727, el perfil tiene una entrada la cual trae como consecuencia el que esta moldura no pueda hacerse mecánicamente en una sola pasada de la herramienta.

El jambaje representado en la figura 1729 exigiría, o sacarlo de una madera gruesa, o no tener que ensamblarse sino con un cimacio más delgado que el tamaño que ofrece su vuelta en escuadra.

La figura 1730 representa próximamente el mismo perfil que la figura 1727, pero con un talón en lugar del equino y dimensiones



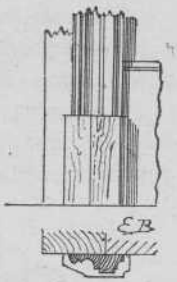
Figs. 1726 a 1736. — Jambajes.

más considerables. En la figura 1731 vemos un perfil ligeramente Luis XVI, de líneas serenas y apacibles.

El perfil de la figura 1732 se compone de los mismos elementos, salvo que la parte principal es un toro deformado y cuya deformación se acentúa más aún por las curvas que le acompañan. Las figuras 1733 y 1744 son también toros degradados, pero con talones en sustitución del equino. Con las figuras 1735 y 1736 completamos la serie de nuestros ejemplos de jambajes.

Zócalo de jambaje. — Los jambajes terminan inferiormente en un zócalo sobre el que descansan (figs. 1737 y 1738). El zócalo de jam-

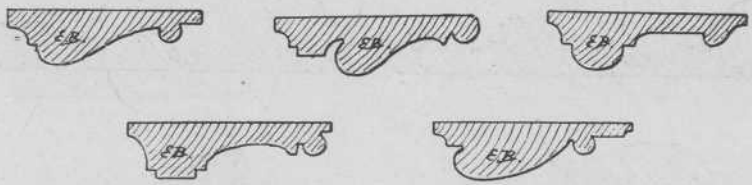
baje no es moldurado; es un poco más saliente que el jambaje y cortado en bisel para que el saliente armonice mejor con el perfil de la moldura que constituye el jambaje.



Figs. 1737 y 1738. Zócalo de jambaje.

Marcos. — Estas molduras, cuyo ancho varía de 3,5 a 5 cm., están destinadas a la imitación de revestimientos. Forman encuadramientos alargados colocados directamente sobre la pared entre el cimacio y el plinto, o el estilobato, según los casos.

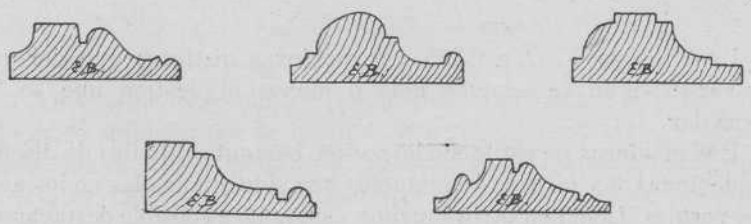
Hemos dado un ejemplo de aplicación en la figura 888, al tratar de los revestimientos, y en las figuras 1739 a 1743 ofrecemos algunos perfiles apropiados para formar los cuadros de un falso revestimiento.



Figs. 1739 a 1743. — Marcos.

Molduras diversas. — Se trata de molduras aisladas sin destino fijo y que pueden colocarse a cierta distancia de un perfil más importante, como, por ejemplo, junto a las cornisas de techo (figs. 1772 y 1773) que se verán más adelante.

La figura 1744 puede servir para el objeto indicado y también emplearse en cualquier otra parte. Las figuras 1745 y 1746, de perfiles diferentes, tienen el mismo destino. Por último, las figuras 1747 y 1748 pueden emplearse para objetos análogos.



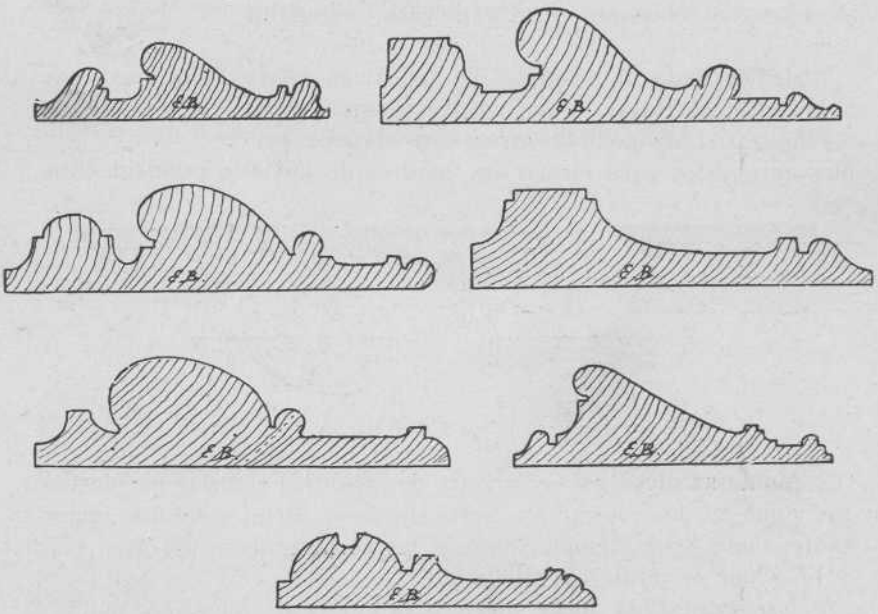
Figs. 1744 a 1748. — Molduras.

Es bastante difícil, aparte algunos perfiles que presentan una particularidad bien marcada, clasificar las molduras exactamente según su destino. Como hemos dicho ya, un perfil cualquiera puede convenir

para varios empleos diferentes. Es, sobre todo, una cuestión de gusto y de adaptación.

Por este motivo, damos un surtido de molduras sin destino definido, que podrán utilizarse tal como están trazadas o que servirán de base a otras composiciones.

La figura 1749 puede servir de marco y hasta de jambaje, si no hay un cimacio que venga a tope. Los figuras 1750 y 1751 pueden desempeñar el mismo papel en una decoración más importante.



Figs. 1749 a 1755. — Molduras.

Las figuras 1752 a 1755 son molduras distintas que deberán emplearse según se adapten más o menos al destino que se les quiera dar.

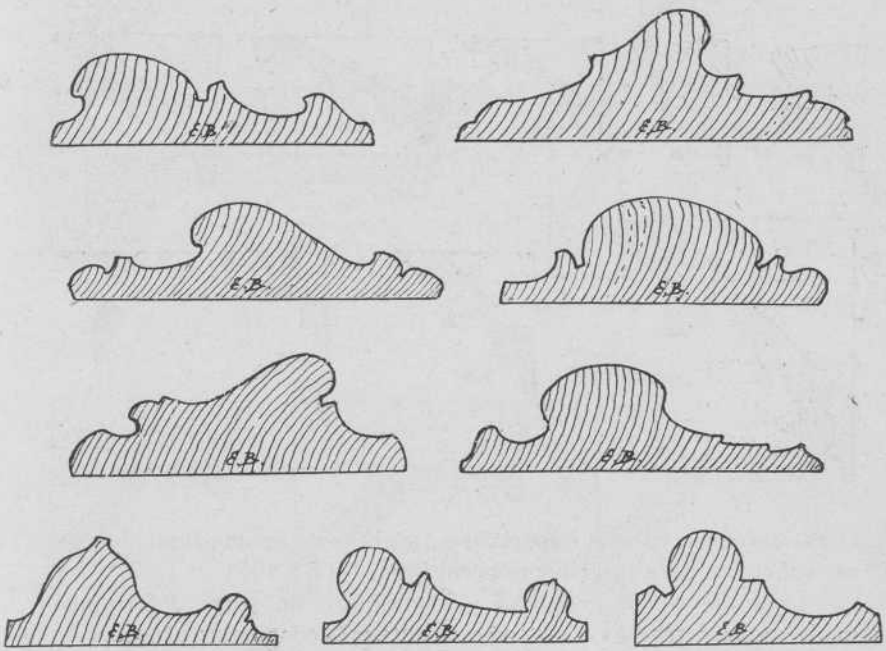
Las molduras de estilo moderno son bastante difíciles de diseñar porque todas las formas imaginables han sido empleadas en los antiguos perfiles. Como en otros muchos casos, no es posible destacarse o hacer algo nuevo en este género, sino al precio de deformaciones que, por desgracia, no son siempre recomendables.

Como quiera que sea, hemos procurado dar unas muestras de este estilo y al hacerlas figurar aquí invocamos la indulgencia de nuestros lectores, que no deben ver sino nuestra buena intención.

Las figuras 1756 a 1764, en las cuales se han eliminado casi por entero las líneas rectas, representan lo que hemos podido reunir. Los

perfiles de las figuras 1762, 1763 y 1764 son del gusto de la edad media y pueden convenir para cimacios, jambajes, etc.

Con los procedimientos de fabricación mecánica actuales, una moldura se obtiene en una sola pasada a condición de que una vertical recorriendo todo el perfil pueda tocarle en todos sus puntos. Pero en los ejemplos que acabamos de dar se ven numerosos perfiles con partes entrantes a las cuales no podría alcanzar la herramienta accionada en un movimiento de rotación alrededor de un eje horizontal.



Figs. 1756 a 1764. — Molduras.

Antiguamente, cuando las molduras se hacían a mano, estos huecos se obtenían con la herramienta suelta, es decir, a golpes. Su confección mecánica es quizá posible con una o varias pasadas suplementarias, pero no sabemos si se hace así y preferimos confesarlo.

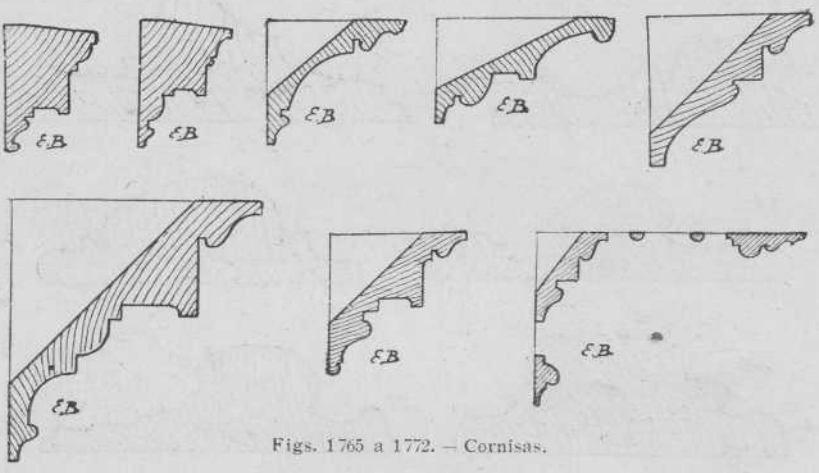
Cornisas voladas.—Tendremos que hacer aquí las mismas observaciones que hicimos al hablar de los techos. Las cornisas de madera son de un precio más elevado que las de staff y presentan los inconvenientes inherentes a la madera: hendeduras producidas por la desecación y deformaciones inevitables con este material.

Es posible calafatear de un modo perfecto una obra de staff, y este calafateado es siempre precario con la madera. En el caso de locales

poco limpios, lo que siempre es posible, se conoce la clase de colonias que vienen a establecerse en el refugio inaccesible de una cornisa.

Las cornisas voladas se destinan a decorar las habitaciones verificando la transición de la pared vertical al techo horizontal con formas agradables que suprimen un ángulo poco estético y contribuyen a la ornamentación general de la pieza en que se establecen.

Se hacen pequeñas cornisas macizas, sacadas de una madera de pequeñas dimensiones (fig. 1765 y 1766), pero se emplean sobre todo como coronación de una puerta o de un motivo saliente cualquiera.



Figs. 1765 a 1772. — Cornisas.

Otras cornisas, ya más importantes, se obtienen de una tabla de espesor suficiente para inscribir el perfil (figs. 1767 a 1771).

Como se ve, se necesitan a veces para un perfil determinado maderas muy gruesas, y entonces resulta más económico proceder por piezas ensambladas.

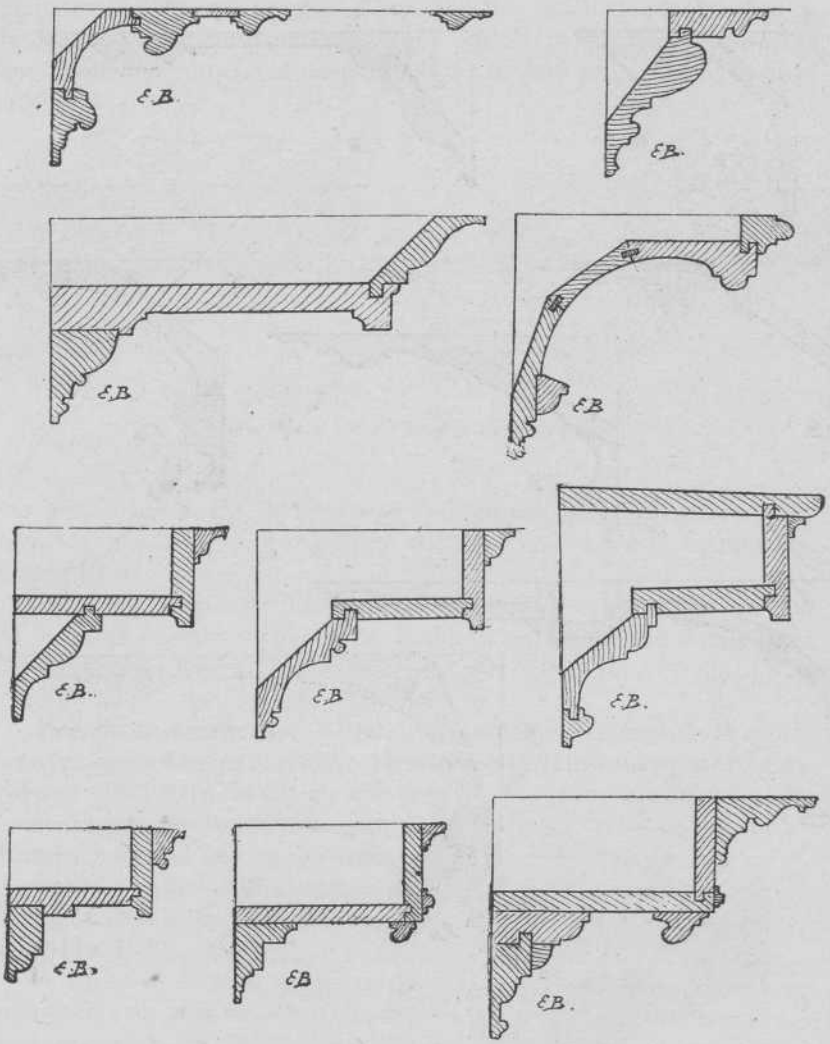
Con la figura 1772 queremos indicar que es posible sin ensamblajes obtener el efecto de una cornisa importante nada más que agrupando a distancias más o menos afortunadas –es cuestión de estudio—algunos elementos aislados unos de otros y dejando al techo hacer de fondo de cornisa. Con una pintura apropiada, bien comprendida, se llega a un buen resultado económico.

La figura 1773 va también acompañada de una moldura destacada para darle una importancia en relación con una pieza de grandes dimensiones en largo y anchura, pero está compuesta de elementos ensamblados entre sí. Esto evita una pérdida de madera, pero es sobre todo a propósito para contrariar la tendencia a la deformación que tendría una cornisa de estas dimensiones sacada de una pieza maciza.

El ejemplo de la figura 1774 está compuesto de dos piezas solamente y se encuentra por tanto en condiciones bastante buenas para no

hacer movimiento, sobre todo si el troceado de la madera empleada para su confección ha sido hecho juiciosamente.

La figura 1775 da una cornisa compuesta de tres piezas ensambladas. La figura 1776 es una cornisa de gorguera, comprendiendo dos



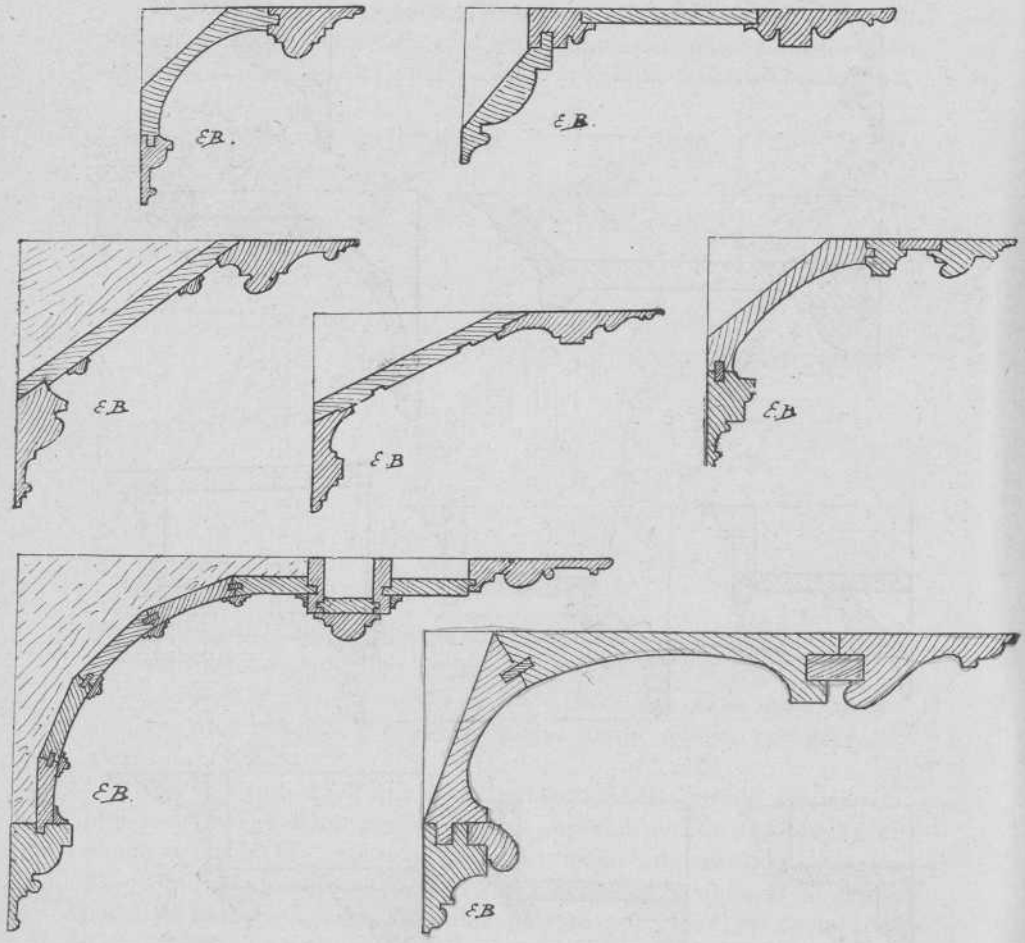
Figs. 1773 a 1782. – Cornisas.

juntas en esta última. Aunque las juntas sean a ranura y lengüeta, y encoladas, hay probabilidades de separación y, por tanto, de hendeduras.

Los modelos restantes (figs. 1777 a 1782) son cornisas de cajones,

compuestas de cuatro a ocho piezas ensambladas a ranura y lengüeta y encoladas.

Las cornisas de las figuras 1783 a 1787 son de escocias, cavetos o con cantos oblicuos. Presentan el mínimo de juntas y son por tanto de una conservación bastante buena.



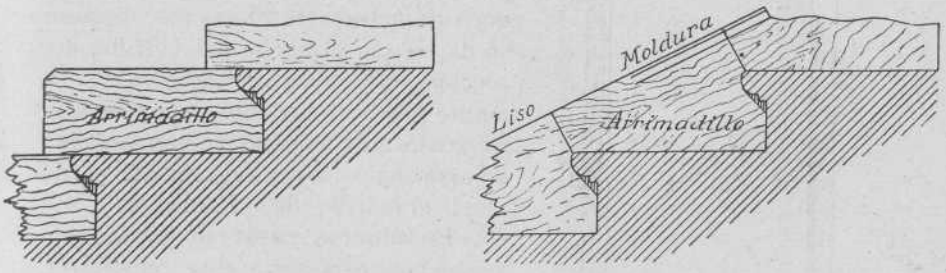
Figs. 1783 a 1789. — Cornisas.

Las figuras 1788 y 1789 representan grandes cornisas. La primera es un gran caveto cuyas juntas se han cegado con junquillos moldurados.

Es bueno hacer indeformables todas las cornisas compuestas de varias piezas y que dejan un hueco detrás, y esto se consigue en lo posible poniéndolas sobre forros en contacto con el muro y el techo, a

los que se fijan, quedando perfectamente adheridos a la cornisa a que sirven de punto de apoyo.

Zócalos o arrimadillos de escalera. — Estos zócalos desempeñan en las escaleras un papel análogo al de los plintos en las habitaciones. Se hacen de dos maneras: de resaltos compuestos de tablas delgadas de la misma altura que el peldaño, procedimiento que disminuye mucho el desperdicio de madera (fig. 1790). O bien,

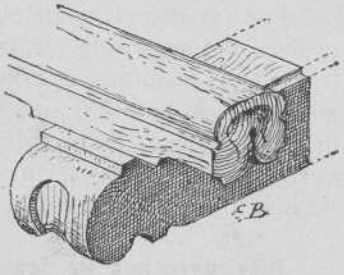


Figs. 1790 y 1791. — Zócalos de peldaños.

con piezas en forma de trapecio con cortes perpendiculares a la línea de pendiente y un saliente de 5 a 7 cm. sobre el mampirlán (figura 1791).

Como los plintos y los estilobatos, estos zócalos tienen de 1,3 a 1,8 cm. de espesor y pueden ser moldurados, de lo que damos una idea en nuestra figura 1791.

Barras de antepecho. — Estas barras deben hacerse de madera dura, ya que están expuestas a la intemperie. Descansan sobre una traviesa de hierro o un soporte de fundición y penetran ligeramente en el muro hacia el centro del telar de las ventanas. Afectan una sección análoga a la de los pasamanos (v. figuras 1543 a 1549).



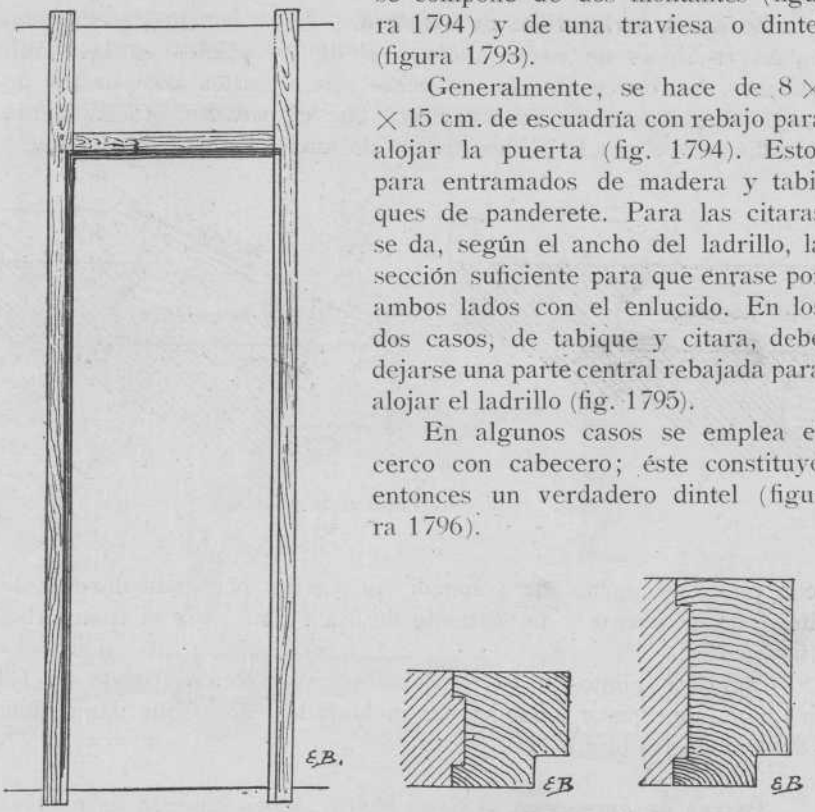
Figs. 1792. — Barra de antepecho

A veces se colocan las barras de antepecho con saliente sobre el paramento exterior con objeto de conservar el telar disponible para alojar las hojas de las contraventanas o persianas. Es preciso entonces apoyar la barandilla sobre dos canecillos empotrados en el muro (fig. 1792), o también sobre canecillos metálicos igualmente empotrados en la mampostería.

Marcos de puerta. — Son bastidores fijos que forman parte de un tabique o de un entramado de madera. Un marco o cerco se compone de dos montantes (figura 1794) y de una traviesa o dintel (figura 1793).

Generalmente, se hace de 8 × × 15 cm. de escuadría con rebajo para alojar la puerta (fig. 1794). Esto, para entramados de madera y tabiques de panderete. Para las citaras se da, según el ancho del ladrillo, la sección suficiente para que enrase por ambos lados con el enlucido. En los dos casos, de tabique y citara, debe dejarse una parte central rebajada para alojar el ladrillo (fig. 1795).

En algunos casos se emplea el cerco con cabecero; éste constituye entonces un verdadero dintel (figura 1796).



Figs. 1793 a 1795. — Cerco de puerta y secciones.

Por último, el cerco puede formar parte de un entramado de madera y afectar una forma arbitraria. Las maderas que lo componen tienen entonces una escuadría en relación con el entramado vertical a que debe incorporarse (figuras 1797 y 1798).

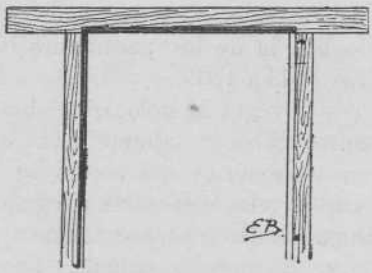


Fig. 1796. — Cerco con cabecero.

Pies derechos de forjado. — Se llaman así los pies derechos destinados a consolidar los tabiques ligeros de yesones. Llevan nervaduras por las dos caras y tienen las mismas dimensiones que los montantes de cerco, ya estén

comprendidos en tabiques o citaras (fig. 1799). Se sitúan a distancias de 1,50 m. y deben empotrarse por arriba y abajo.

Marco y contramarco. — El marco fijo o durmiente de una ventana o de una puerta es un cuadro ajustado y embutido a los rebajos que se le reservan en la mampostería. Los espesores varían de 3,4 a 8 cm.

El contramarco se emplea para las puertas y está sujeto con patillas empotradas a la cara del muro opuesta a la que recibe el marco. Sus dimensiones son menores, no alcanzando generalmente más que 2,7 cm. de espesor. No efectúa ningún trabajo, protegiendo sobre todo la esquina del muro.

Aparte sus dimensiones, se diferencia del marco en que no tiene rebajo y que es en el marco donde la puerta está colgada y tiene su batiente (figura 1800).

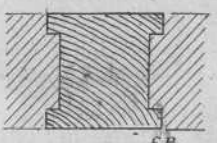
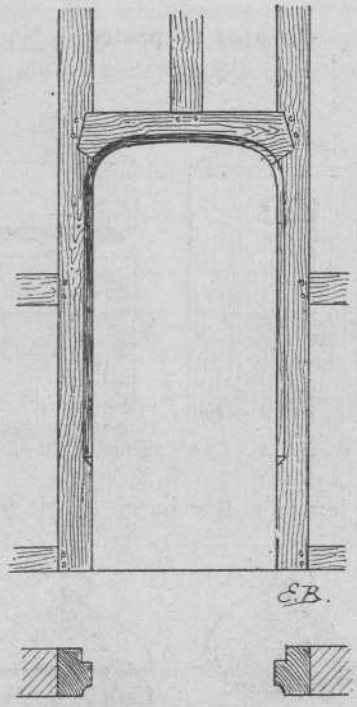


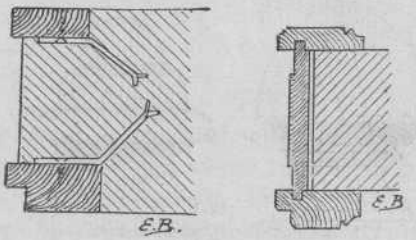
Fig. 1799.
Pie derecho de forjado.



Figs. 1797 y 1798.
Cerco de un entramado.

Los marcos se hacen siempre de una escuadría mayor que la puerta o ventana que alojan; así, por ejemplo, una puerta de 3,4 cm. de espesor deberá tener un marco de 4,1; una ventana también de 3,4, tendrá un marco de 4,1 o de 5,4.

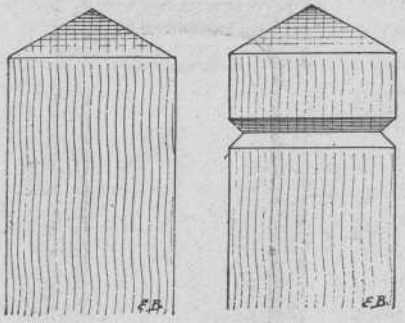
En ciertos casos, cuando la fábrica del muro ofrezca dificultades para hacer los rebajos, como los muros construídos de mampuestos muy duros, y se temiera descalzar estas piedras — ya se trate de obra nueva o de abrir un hueco, — se hace un encuadramiento compuesto de tres piezas y se dejan salientes el marco y el contramarco (fig. 1801).



Figs. 1800 y 1801.
Marcos y contramarcos.

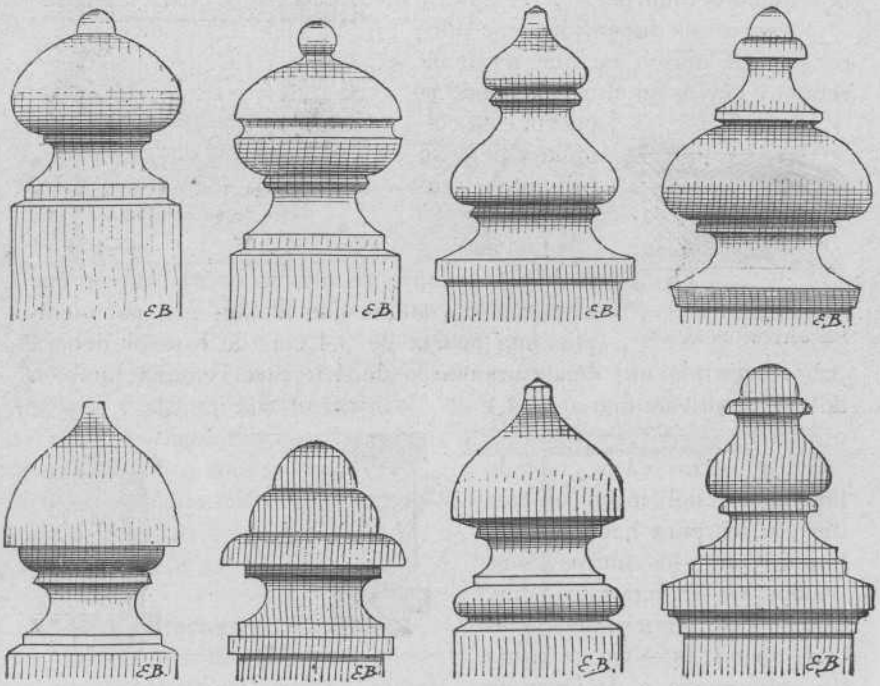
Remates de postes y péndolas

Cabezas de postes. — Nos gusta en nuestras habitaciones dar a todos los detalles una forma agradable y poner una nota de arte en todo sitio donde se encuentre un pretexto para producirse. Pero seguramente un poste adornado sencillamente con un corte recto es más bien de un aspecto desagradable, y por esto procuramos hacer algo mejor.



Figs. 1802 y 1803. — Puntas de diamante.

Vamos a examinar cierto número de ejemplos y, sin tener la pretensión de dar modelos que puedan ser ejecutados por nuestros dibujos, esperamos al menos proporcionar elementos que harán surgir ideas mejores y formas más perfectas.

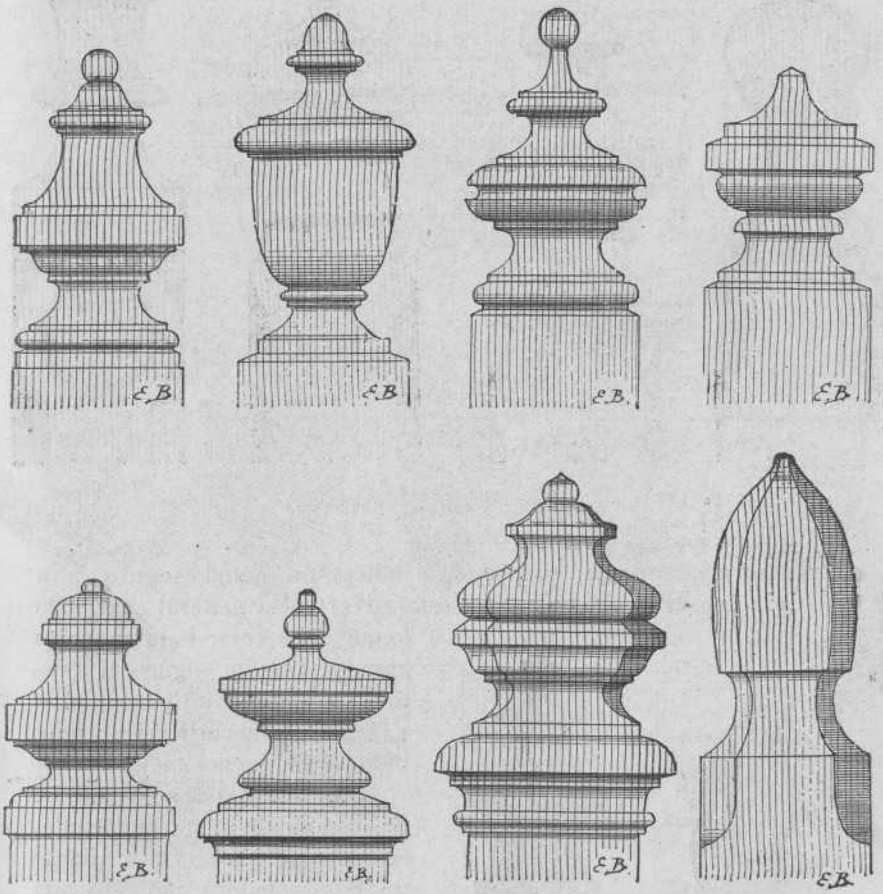


Figs. 1804 a 1811. — Cabezas de postes.

Procediendo de lo sencillo a lo complicado, veremos primeramente

el extremo de un poste, o de otra pieza de la misma forma, cortado en punta de diamante (fig. 1802).

Es una forma piramidal obtenida simplemente con cuatro cortes de sierra oblicuos con relación a las cuatro caras de la pieza. La pirámide así formada puede ser más o menos aguda según el ángulo adoptado para el corte.

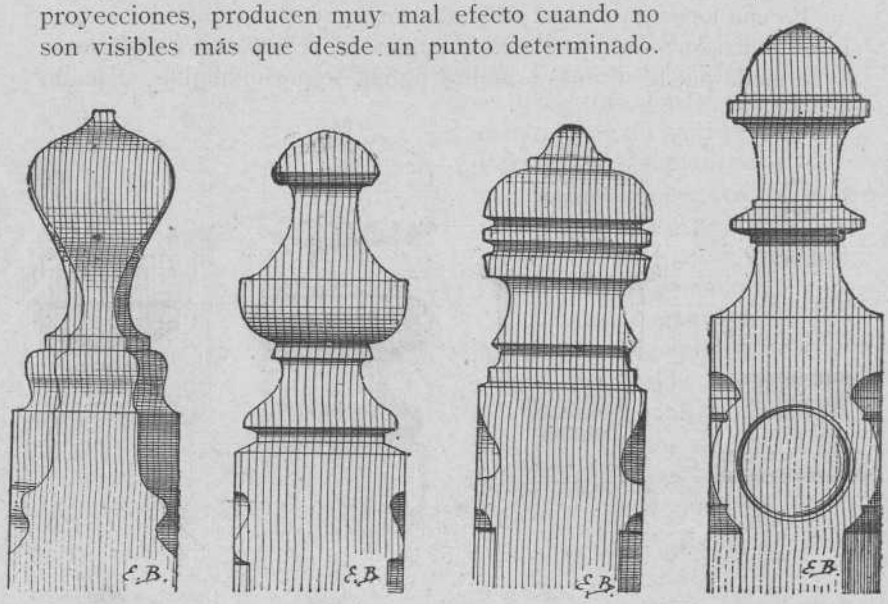


Figs. 1812 a 1819. — Cabezas de postes.

Se consigue una forma un poco más completa haciendo, además de la punta de diamante o pirámide del caso precedente, un pequeño perfil triangular sobre las cuatro caras de la pieza (fig. 1803).

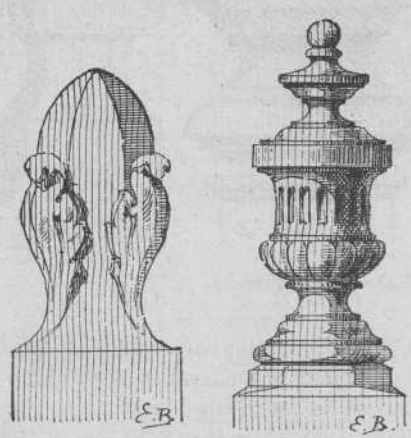
Examinemos ahora algunos perfiles. Primeramente debemos decir que éstos deben estudiarse teniendo seriamente en cuenta el lugar desde donde han de verse; porque un perfil visto desde abajo, por ejemplo, no podría tratarse como si estuviese destinado a verse horizontalmente o desde arriba.

Ocurre con frecuencia que perfiles estudiados con la mayor atención y aun con el mayor talento por su autor, pero dibujados en proyecciones, producen muy mal efecto cuando no son visibles más que desde un punto determinado.



Figs. 1820 a 1823. — Cabezas de postes achaflanadas con dibujos.

Desgraciadamente, no podemos indicar un método seguro, pero que cada uno, teniendo en cuenta esta advertencia general para todo lo que debe verse bajo un cierto ángulo, estudie según su gusto y su sentimiento particulares y llegará a hacerlo, si no muy bien, por lo menos mejor.



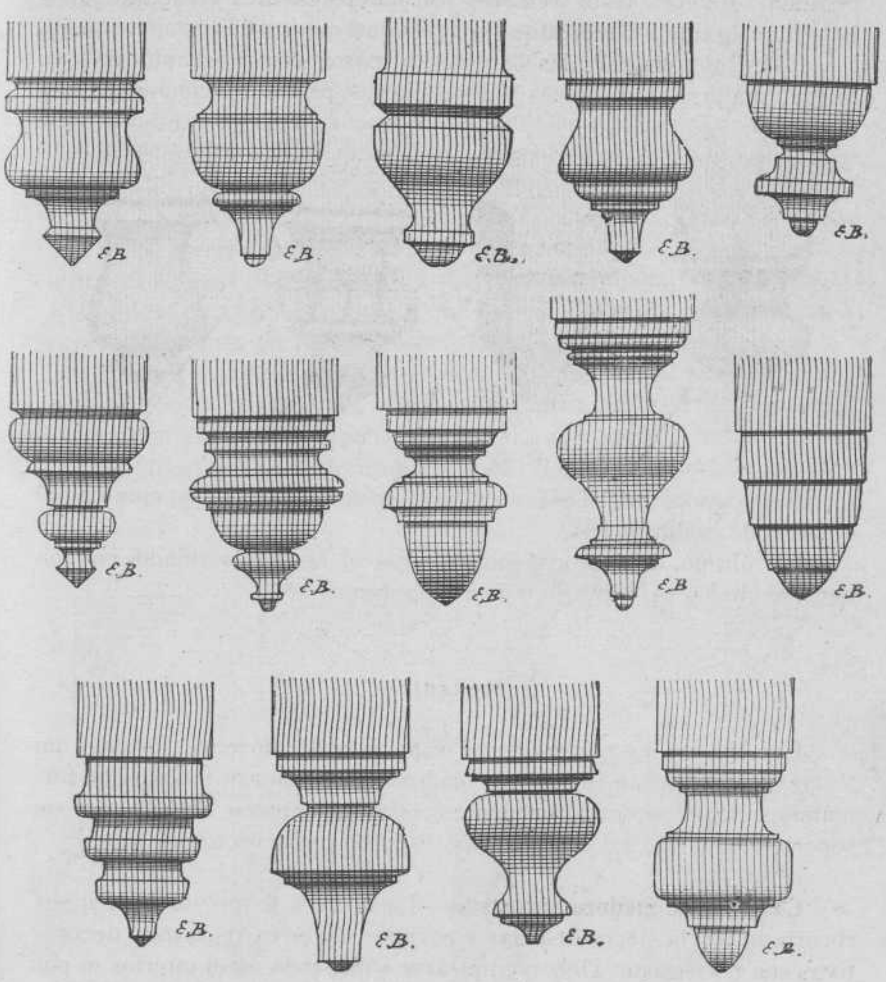
Figs. 1824 y 1825. — Cabezas de pilastras.

La figura 1804 nos ofrece un ejemplo de lo que puede conseguirse con la sierra mediante un hábil contorneado en cada cara. Del mismo género y procedentes del mismo trabajo, damos un surtido de remates de postes y pilastras (figs. 1805 a 1817), que podrán servir, no de modelos, sino solamente para sugerir ideas mejores.

Se puede atenuar la forma un poco hiriente de las esquinas matándolas más o menos, ya formando un octógono regular, ya tomando dos dimensiones de facetas (fig. 1818).

También y procediendo de la misma manera, puede adoptarse la forma octogonal para la cabeza entera, continuándola en cierta longitud del poste (figs. 1819 y 1820).

A veces también, con la cabeza de cuatro caras, se matan las esquinas del poste propiamente dicho. Son en cierto modo grandes



Figs. 1826 a 1839. — Remates de péndolas.

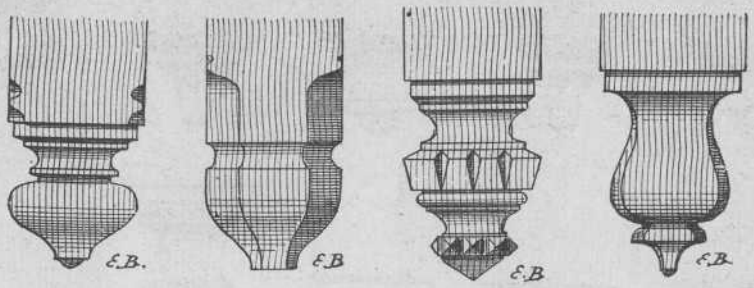
chaflanes recortados por dibujos más o menos importantes (figuras 1821 a 1823).

Por último, se coronan a menudo los postes con motivos tallados, como en la figura 1824 y hasta se hacen estas cabezas contorneadas y talladas, generalmente en forma de copa, como en el ejemplo que ofrece la figura 1825.

Remates de péndolas.—Algunos de los modelos que vamos a ver ahora podrían utilizarse como cabezas de postes, de los cuales sólo se diferencian en estar colocados en un sentido completamente opuesto.

Perfilados por las cuatro caras mediante el contorneado de sierra (figuras 1826 a 1839), terminan la parte inferior de una pieza suspendida. A veces estos remates son independientes y van adosados bajo un colgante o péndola que requiera un motivo de terminación.

Lo mismo que para las cabezas de postes que acabamos de ver, pueden matarse las esquinas y dar a ciertas partes o al conjunto una



Figs. 1810 a 1813. — Remates de péndolas.

forma octogonal (fig. 1841), o tallar facetas geométricas, como en el ejemplo de la figura 1842.

Por último, dejando con cuatro caras el motivo perfilado, pueden hacerse chaflanes, como se indica en la figura 1843.

Ménsulas

Una *ménsula* o *cartela* es un soporte utilizado para sostener un vasar, un balcón, un tejado en voladizo y, en general, todo lo que formando saliente en un paramento, necesite encontrarse aliviado por un soporte resistente. La ménsula tipo es el pescante rectilíneo.

Cartelas de madera recortada.—La madera se presta bien a ser recortada con la sierra de calar y permite hacer cartelas muy decorativas con poco gasto. Deben emplearse sobre todo en el interior o, por lo menos, en un lugar cubierto, porque la madera no se conserva bien expuesta a la intemperie, y si se expusieran sucesivamente a la lluvia y al sol piezas caladas con delicados dibujos, estarían pronto inservibles para desempeñar la función a que se destinan.

Para sostener tablas horizontales o *vasares,* se emplean cartelas sencillas, por el estilo de la que representamos en la figura 1844.

Una dificultad de la cual debemos hablar ante todo, reside en la penuria de los medios de fijación de la ménsula. Como toda pieza de

esta forma, cuando una cartela se aplica contra una pared, por escaso que sea el trabajo que se le imponga, tiende a girar sobre su extremo inferior apoyándose sobre la pared, mientras que su extremo superior procura abandonar el contacto con esta pared.

En la parte inferior basta un clavo para impedir el descenso vertical y el desplazamiento lateral. Para la parte alta es ya más difícil y, a pesar del ingenio de los hábiles carpinteros, que guarneciendo de clavos esta parte llegan a conseguir cierta solidez, no es menos cierto que como la forma de la ménsula se presta rara vez al empleo del tornillo, que sería la mejor solución, siempre está ahí su punto débil.

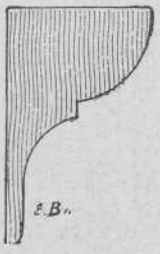
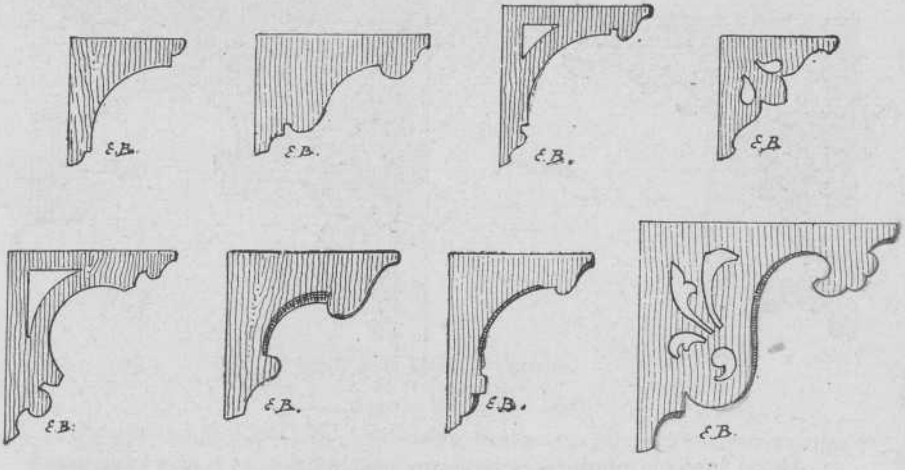


Fig. 1844.—Cartela.

Sería preciso, pues, a nuestro entender, tener en la parte superior una patilla roscada, atornillada horizontalmente a la pared, y tornillos verticales que fijaran la patilla embutida en la cartela. Creemos que así se obtendría una seguridad suficiente.

Pueden hacerse estas ménsulas recortándolas simétricamente con respecto a la bisectriz, como en la figura 1845, o también según el perfil indicado en la figura 1846.

Si la cartela es enteramente vista, y si quiere dársele una apariencia de ligereza, se pueden recortar en ella pequeños calados más



Figs. 1845 a 1852. — Cartelas.

o menos complicados (figs. 1847 a 1849). Sin calar el cuerpo de la cartela, se puede simplemente perfilar y adornar con algunos chaflanes, corrientes como en la figura 1850, o corrientes y desvanecidos (figura 1851).

Combinación de los precedentes, contorneado, calado y con chaflán, el ejemplo de la figura 1852 ha sido dibujado según una cartela que forma parte de un chalet suizo en el Oberland bernés. Hemos encontrado en su silueta cierta originalidad y es lo que nos ha inducido a incluir aquí este dibujo.

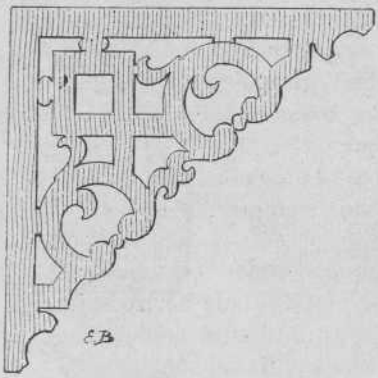
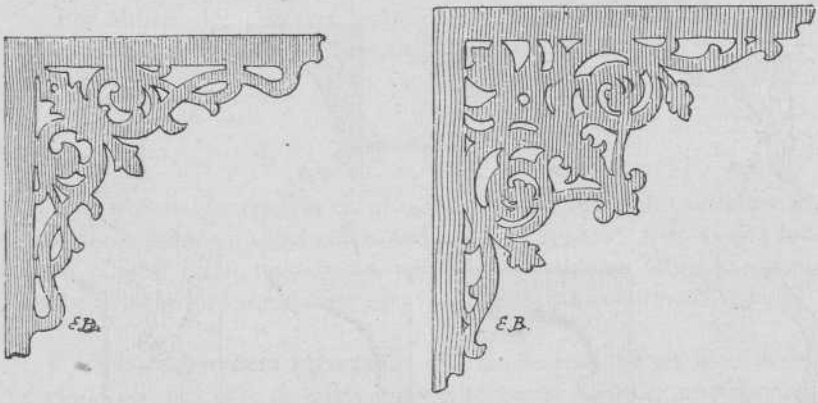


Fig. 1853. — Cartela.

Con la figura 1853 llegamos a las cartelas de dimensiones relativamente grandes, y aquí tenemos que hacer una observación: hemos tenido ya ocasión de hablar de los defectos de la madera, de su propensión a contraerse, de ser eminentemente higrométrica y de deformarse según que la pieza se haya sacado en un sentido o en otro de las capas sucesivas que forman el tronco de un árbol.

Pero de lo que queremos hablar aquí es solamente de lo que se llama el hilo de la madera. En la especialidad que nos ocupa, las ménsulas, se sacan las piezas de una tabla si son de pequeñas dimensiones, o con tablas ensambladas entre sí cuando las dimensiones son grandes.



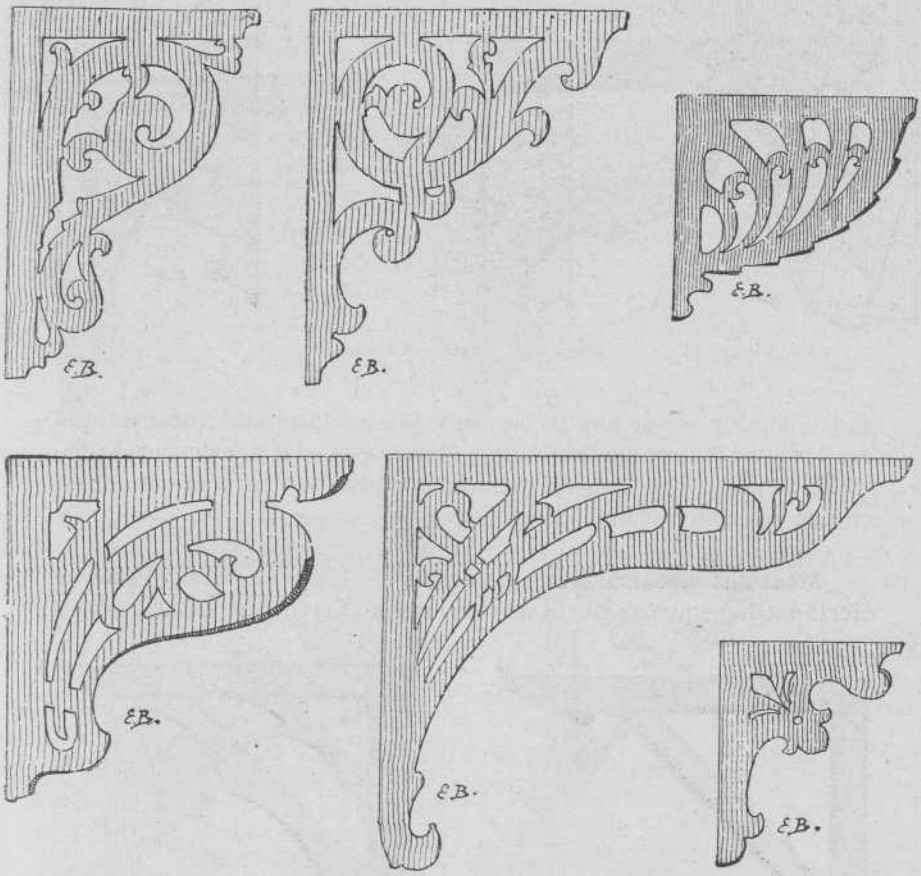
Figs. 1854 y 1855 — Cartelas.

Ahora bien, la madera es bastante resistente si el esfuerzo se presenta paralelamente a sus fibras, mientras que es muy frágil cuando el mismo esfuerzo es perpendicular a estas fibras.

En nuestros dibujos, que no son más que ejemplos de formas sin dimensiones definidas, no hemos podido fijar los elementos fibrosos más propios para dar solidez a estos soportes. Estamos por tanto obligados a llamar la atención de los constructores sobre este punto, insis-

tiendo en la necesidad de orientar las fibras con arreglo a las condiciones particulares de resistencia reclamadas por el destino.

Las figuras 1854 y 1855 están recortadas simétricamente con relación a la bisectriz. Son más decorativas que sólidas, pero son buenas, sin embargo, para triangular un vasar o estante.



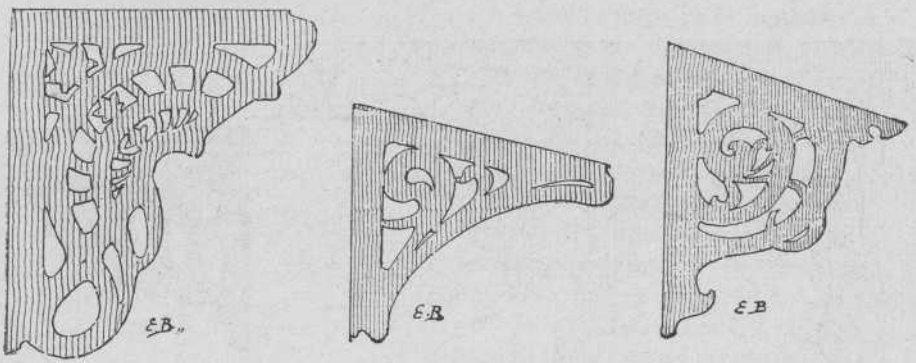
Figs. 1856 a 1861. – Cartelas.

Según su destino, las ménsulas tienen en su parte superior una dimensión más o menos grande, y la composición del dibujo calado está influída naturalmente por esta necesidad. Es lo que indicamos en la figura 1856.

Con la parte horizontal y vertical sensiblemente de las mismas dimensiones, puede dibujarse una ménsula del género de la figura 1857. Con más saliente que altura, las figuras 1858 a 1860 muestran ejemplos de calados, con y sin adición de chaflanes. Las figuras 1859 y 1860

tienen algo del gusto moderno. Las figuras 1861 y 1862 son aún otras variantes de formas de ménsulas.

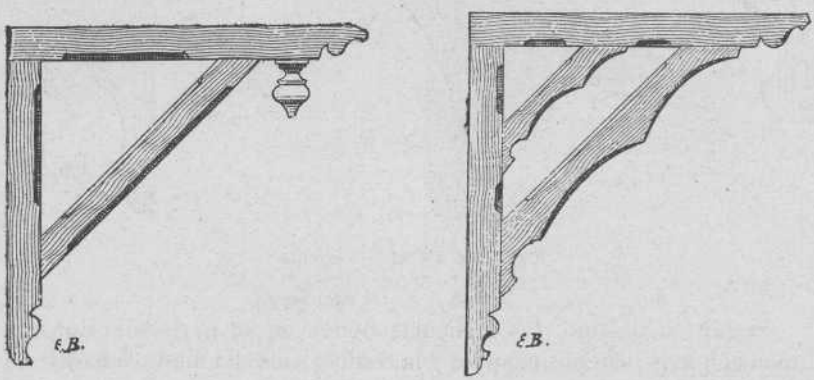
Por último, nos falta decir que estas cartelas no están siempre cortadas fatalmente en ángulo recto, sino que también, según las necesi-



Figs. 1862 a 1864. — Cartelas.

dades, pueden ser de ángulo obtuso y de ángulo agudo. Nuestras figuras 1863 y 1864 son de este último género y pueden servir para tableros de pupitres y en general para todo objeto que haya de sostenerse en una posición inclinada.

Ménsulas ensambladas o palomillas. — Estas ménsulas son en cierto modo pequeñas obras de carpintería. Están destinadas a servir



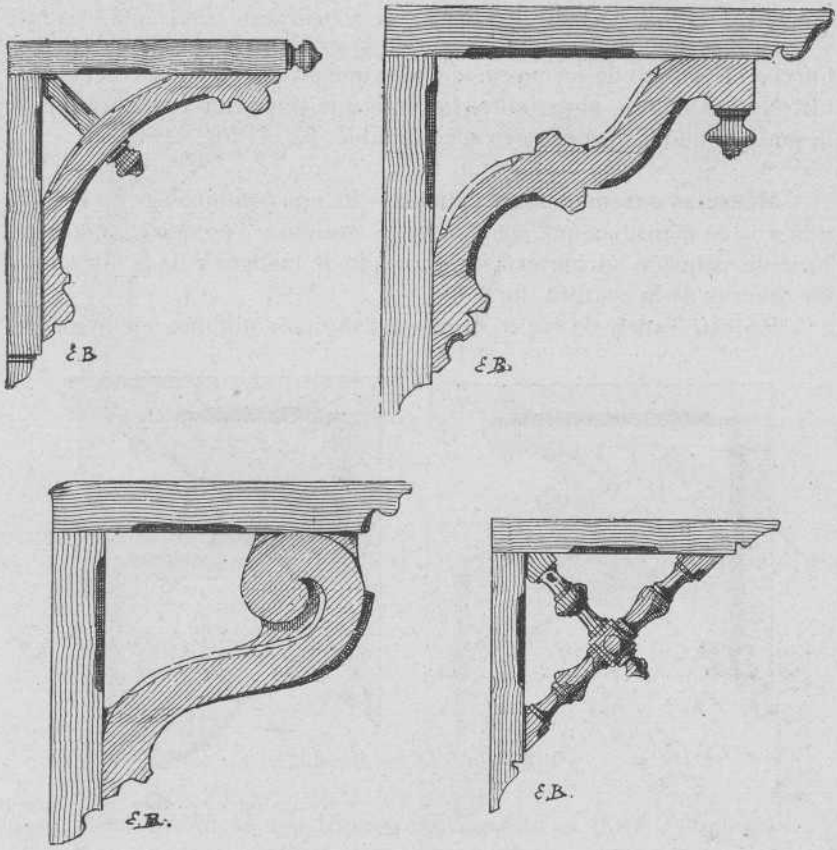
Figs. 1865 y 1866. — Ménsulas.

de soporte a un balcón o a una parte de construcción cualquiera dispuesta en voladizo.

Un modelo muy sencillo (fig. 1865) está construído como un pes-

cante: se compone de tres piezas rectas, ensambladas a caja y espiga con remates moldurados, chaflanes y un borlón.

Algo más complicada es la ménsula representada en la figura 1866, que tiene dos tornapuntas y en la que interviene el elemento curvo, estando decorada con chaflanes regulares y chaflanes desvanecidos. Como en el caso anterior, los extremos son moldurados.



Figs. 1867 a 1870. — Ménsulas.

En el ejemplo de la figura 1867 tenemos el puntal curvo según un radio cuyo centro está a la altura del arranque. Desde el punto de vista de la resistencia, este puntal está muy lejos de valer lo que el puntal simplemente recto, pero, por otra parte, es mucho más decorativo, lo que puede excusar la pérdida de madera y el trabajo que su forma exige.

Las ménsulas con curvas irregulares tienen los mismos defectos que la precedente. Veamos, por ejemplo, la figura 1868, que exigiría

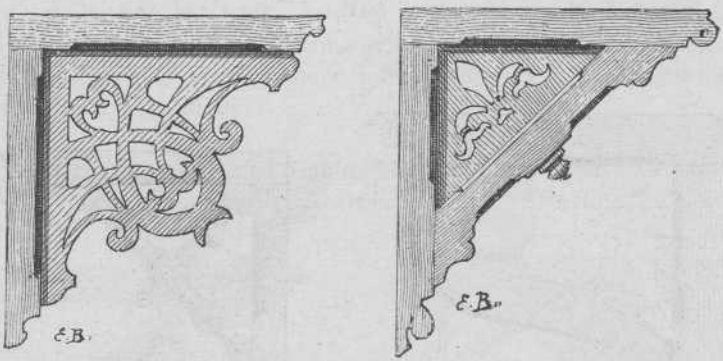
para una ménsula de 0,80 m. de saliente una pieza de madera de 23 cm. de ancho para poder sacar este perfil; y el puntal de la figura 1869, para 0,65 m. de saliente, no podría sacarse de una pieza menor de 28 cm.

Hemos procurado en estos ejemplos aplicar la teoría expuesta anteriormente sobre el sentido de las fibras de la madera, y al dibujar estas fibras en las figuras hemos indicado que en lo posible es preciso hacer trabajar la madera de punta.

El torneado se emplea también en la confección de las ménsulas. Ofrece el recurso de formas modeladas que producen felices efectos de luz. Naturalmente, el puntal es la pieza que se presta a este trabajo y la pérdida de madera es poco considerable (fig. 1870).

Ménsulas ensambladas y caladas.—Es una combinación de los dos géneros de ménsulas que acabamos de examinar, es decir, una osatura de pequeña carpintería con forjado de madera calada embutida en ranuras de la osatura (fig. 1871).

En este orden de ideas vamos a examinar algunos ejemplos.



Figs. 1871 y 1872. — Ménsulas.

La figura 1872 es del mismo género que la figura 1865, pero el triángulo formado por las tres piezas resistentes está guarnecido con un panel de madera calada.

En cada uno de los dibujos que damos, variamos en lo posible los trazados de las piezas, para permitir una selección entre ellos, de donde salgan los más convenientes para una composición nueva.

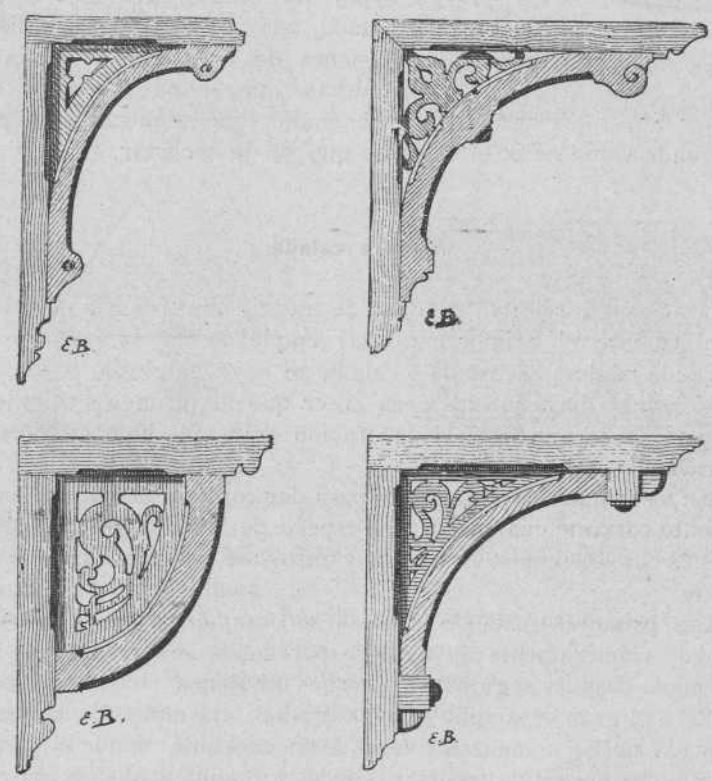
Todos los ejemplos que siguen podrán hacerse con puntales rectos, pero hemos preferido dar una variedad de curvas, porque siempre será fácil simplificar y reducir el trabajo a una mayor facilidad de ejecución.

La figura 1873 es una ménsula cuya saliente es inferior a la altura. Esta disposición desde el punto de vista de la solidez es

excelente: cuanto más larga es la parte vertical en contacto con la pared, menos fuerte es la tracción horizontal en lo alto de esta parte vertical.

Podemos comprobar experimentalmente con un simple ensayo la verdad de lo que decimos, y nada mejor para comprenderlo que haberlo visto por sí mismo.

La figura 1874 muestra una disposición análoga a la de la figura 1867, pero guarnecido el triángulo, parcialmente curvilíneo, con un panel embutido y calado.



Figs. 1873 a 1876.—Ménsulas.

Con la forma curva convexa hacia afuera se obtiene un buen aspecto de solidez, pero el aspecto solamente, porque, lo repetimos, nada mejor que el tornapunta recto; pero en fin, da la sensación de un robusto canecillo, y su forma no deja de tener elegancia (fig. 1875).

La figura 1876 no difiere de la ménsula precedente (fig. 1874) más que por el dibujo del calado y por la mayor ligereza del tornapunta, algo más adelgazado para permitir un pequeño relieve a los cubos que llevan los botones.

Por último, terminamos la serie de nuestros ejemplos con una ménsula de dos tornapuntas curvos y no concéntricos (fig. 1877). El forjado es, como en los precedentes, calado y embutido en la osatura.

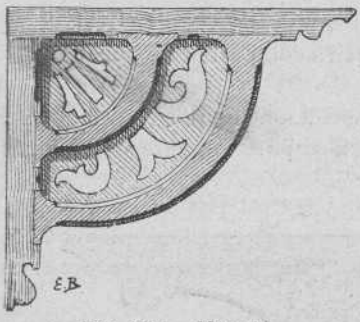


Fig. 1877. — Ménsula.

No pudiendo prever los diferentes casos que pueden presentarse en la práctica, hemos tenido que limitarnos a dar algunos ejemplos de formas, pero será siempre fácil, una vez decididas las dimensiones de ejecución, ampliar el dibujo que se haya elegido, bien entendido que se dará a cada pieza la escuadría que exija el esfuerzo que ha de soportar.

Madera calada

Gracias a la relativa facilidad de trabajo que ofrece la madera, es probablemente el primer material empleado en la construcción. Aunque la madera recortada o calada se haya empleado desde hace mucho tiempo, hay motivos para creer que los primeros trabajos de esta materia destinados a la decoración eran más bien tallados que recortados.

En los comienzos, ha servido para dar forma a la madera un instrumento cortante cualquiera, una especie de cuchillo, probablemente. Después con el escoplo, la azuela y otros, se ha hecho más fácil el trabajo.

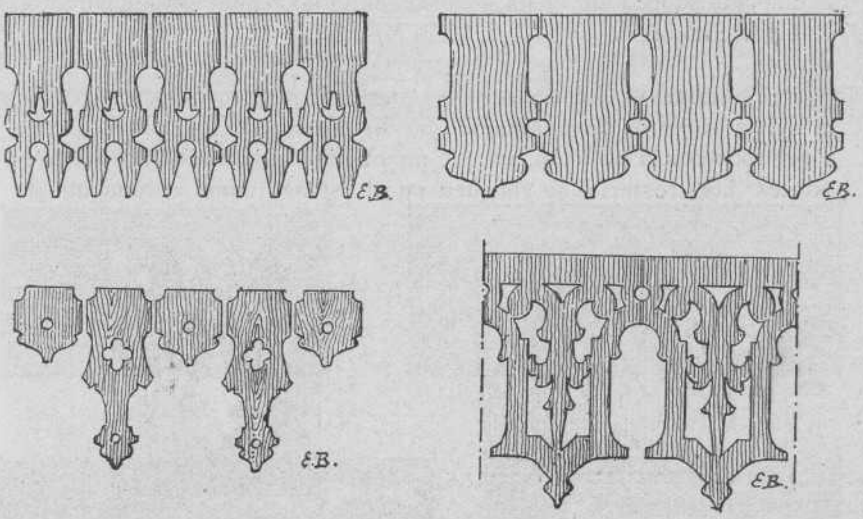
Las primeras maderas caladas se obtuvieron con el serrucho, abriendo primeramente un agujero por donde se introducía la hoja, haciéndola después seguir los contornos dibujados.

Pero el gran desarrollo que ha tomado el empleo de la madera recortada no ha comenzado verdaderamente sino cuando el aserrado mecánico ha permitido recortar rápida y económicamente los caprichosos dibujos y los más delicados contornos, sin que haya necesidad de terminar el trabajo a mano. La sierra empleada es de movimiento alternativo, subiendo y bajando, es decir, el mismo movimiento que el obrero imprime a su brazo cuando asierra a mano.

Cuando se recortan maderas de poco espesor, tablas por ejemplo, pueden aserrarse varias piezas juntas; se abre un orificio previamente en cada uno de los huecos y se introduce en él la hoja de la sierra, que vuelve en seguida a cogerse en su montura; después se presenta la pieza a la sierra de forma que siga todos los contornos del dibujo.

Cada hueco necesita desmontar una de las extremidades de la sierra, introducirla en el orificio preparado y aprisionarla de nuevo en la montura.

Lambrequines o guardamalletas. — Son ornamentos de madera recortada que se colocan, colgantes, en la extremidad de un tejado, en el piñón, en el alero o en cualquier otro lugar de la obra donde pueda contribuir a la ornamentación. Son adornos más o menos den-



Figs. 1878 a 1881. — Lambrequines.

ticulados, propios para disimular el extremo de los cabios o cumplir cualquier otro fin análogo.

Generalmente, están hechos de tablas y compuestos de elementos de pequeña longitud, porque se comprende que la necesidad de volver o hacer virar la pieza para presentarla a la sierra limita forzosamente esta longitud, siendo el trabajo tanto más fácil cuanto más corta es la pieza.

La figura 1878 nos muestra un ejemplo compuesto de pequeños elementos yuxtapuestos y fijos a una traviesa. Este modo de proceder permite conservar el hilo de la madera en el sentido más propicio a su resistencia.

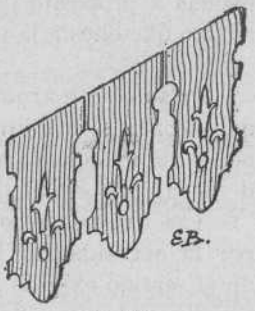


Fig. 1882.
Guardamalleta rampante.

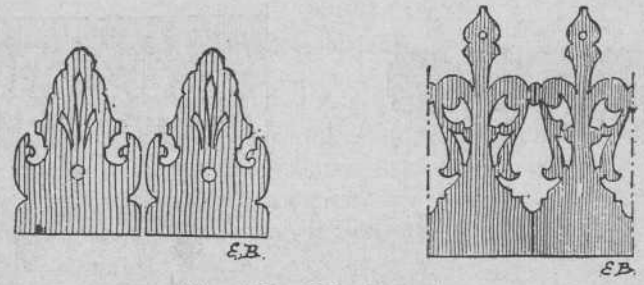
Las guardamalletas, además de su contorno exterior recortado, pueden ser caladas o llenas como nuestro dibujo (fig. 1879). Cuanto menos caladas, más sólidas son.

Se alternan a veces elementos largos y elementos cortos (figura 1880), lo que quita monotonía a la línea ornamental resultante.

El recortado es más o menos rico. Se hacen lambrequines muy calados (fig. 1881), pero son poco sólidos, y como casi siempre están expuestos al sol y al agua, es decir, soportan alternativas de humedad y desecación, se estropean bastante pronto.

En las partes en pendiente, los lambrequines están dibujados de manera que cuelguen verticalmente (fig. 1882). Estos lambrequines se emplean sobre todo en la decoración de los piñones o de cualquier otra parte inclinada.

Cresterías. — Una *crestería* es una serie de adornos que decoran la arista superior de un tejado. Se distinguen de los lambrequines sobre todo por la posición, porque mientras los lambrequines son colgantes, las cresterías se yerguen en el espacio como coronación de



Figs. 1883 y 1884. — Cresterías.

caballetes, o encima de las canales, donde forman un encaje que se destaca en el cielo (fig. 1883).

Son más o menos caladas y se les puede aplicar las observaciones hechas a propósito de los lambrequines, porque están expuestas lo mismo que ellos a la intemperie (fig. 1884).

Frisos.—En arquitectura, el *friso* es la parte del entablamento que separa el arquitrabe de la cornisa. En la especialidad que nos ocupa, la madera calada, el friso parece tomar su forma del elemento de encaje o bordado llamado entredós.

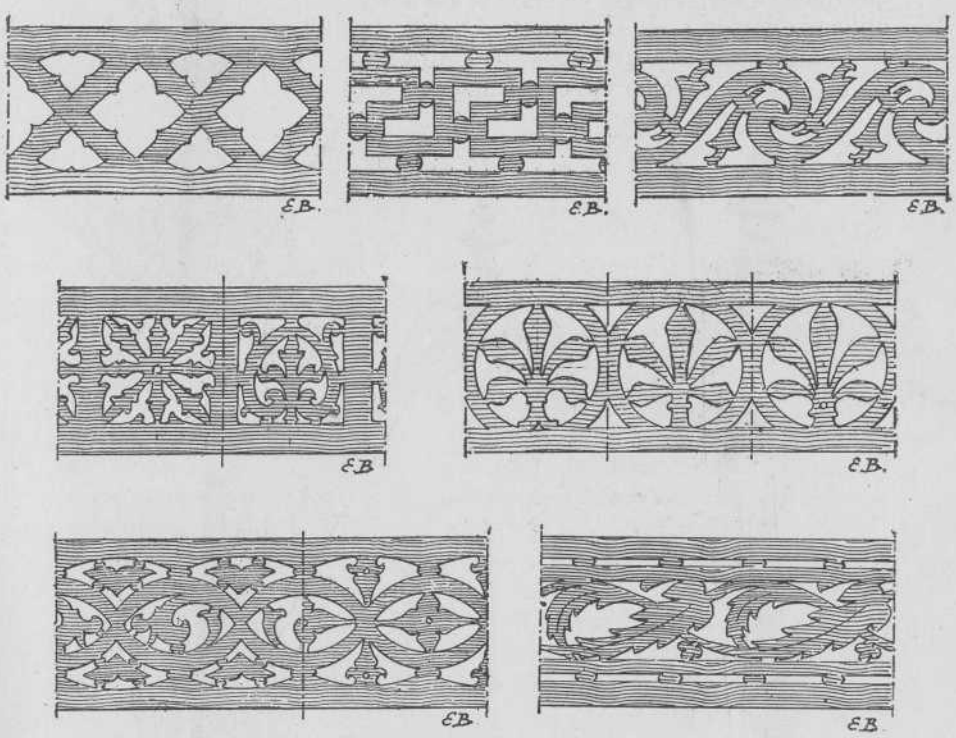
Los frisos se recortan en tablas cuya longitud sólo está limitada por la necesidad de hacer virar la pieza para presentarla a la sierra en el sentido exigido por el dibujo.

Los dibujos empleados pueden ser geométricos, como nuestra figura 1885, cuyos grandes huecos pueden convenir en algunos casos en que la luz es necesaria.

Igualmente geométrico el dibujo figura 1886, es una greca, ornamento compuesto de una serie de líneas rectas siempre para-

lelas o perpendiculares entre sí y cruzándose algunas veces. Se procede también a veces por adornos corrientes (fig. 1887), o bien por repetición de motivos, de los que damos dos dibujos diferentes (figura 1888).

La flora estilizada proporciona también motivos abundantes, de los cuales es un ejemplo la figura 1889, en la que se ha empleado la



Figs. 1885 a 1891. — Frisos.

hoja de castaño. Hemos variado el dibujo dando tres hojas ligeramente diferentes.

Con la figura 1890 volvemos a las composiciones de motivos corrientes y de repetición y tomamos nuevamente la flora para componer el dibujo 1891, que es corriente y que está realzado con grabados.

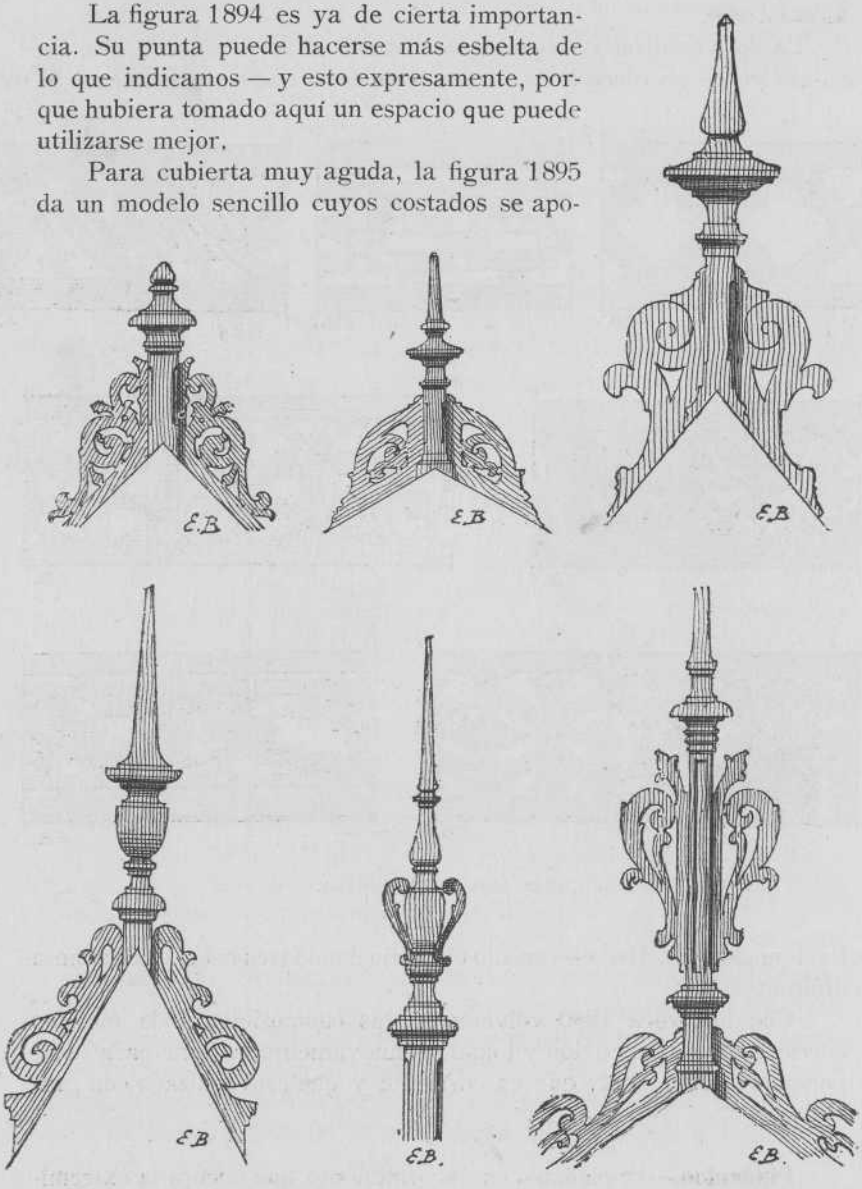
Pináculos.—El pináculo es un ornamento que decora la extremidad superior de un pendolón o el vértice de un piñón.

En la construcción en madera, los pináculos van acompañados de motivos decorativos calados, situados lateralmente, o guarneciendo el ángulo formado por la varilla del pendolón y la techumbre. A veces

son de escasa altura, como en nuestros ejemplos figuras 1892 y 1893. Según la forma de la cubierta que rematan, van acompañados de dos o cuatro motivos calados.

La figura 1894 es ya de cierta importancia. Su punta puede hacerse más esbelta de lo que indicamos — y esto expresamente, porque hubiera tomado aquí un espacio que puede utilizarse mejor.

Para cubierta muy aguda, la figura 1895 da un modelo sencillo cuyos costados se apo-

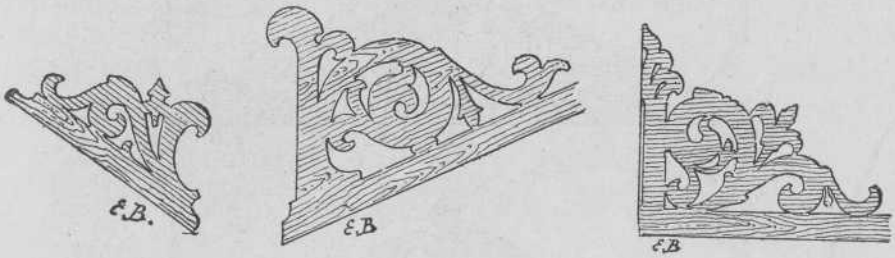


Figs. 1892 a 1897. — Pináculos.

yan en dos motivos calados. A veces se continúa el pendolón o se prolonga con un pináculo postizo por encima de la cumbrera; es el caso

que indicamos en la figura 1896. Por último, en la figura 1897 tenemos un gran pináculo, al que hemos tenido que cortar la punta para que pudiese entrar en el cuadro. Emerge de dos cresterías rampantes, desprendidas de abajo y alcanzando toda su amplitud en la parte alta.

Remates. — Los motivos de remate de las esquinas, ya sean a escuadra o formando cierto ángulo, sirven para ornamentar el final de una línea de tejado, ya horizontal, ya inclinada. En este último caso,



Figs. 1898 a 1900. – Remates.

el remate inclinado colocado en la parte baja de un piñón ocupa el lugar que se reservaba a las acroteras en los frontones griegos y romanos.

En madera tienen más modestas pretensiones, según su dibujo: pueden motivar simplemente las extremidades de un piñón, o las de un gran lienzo de tejado (figs. 1898 y 1899). Diseñados en consecuencia, pueden servir de motivo final a una crestería, horizontal o inclinada (figura 1900).

Frontones. — En madera calada el frontón es un motivo central que se sitúa encima de la puerta o en cualquier otro lugar donde

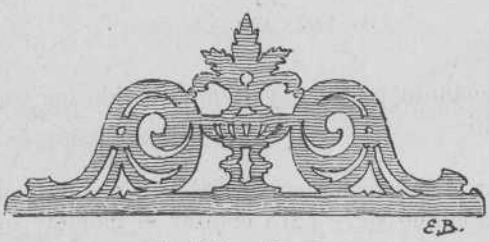
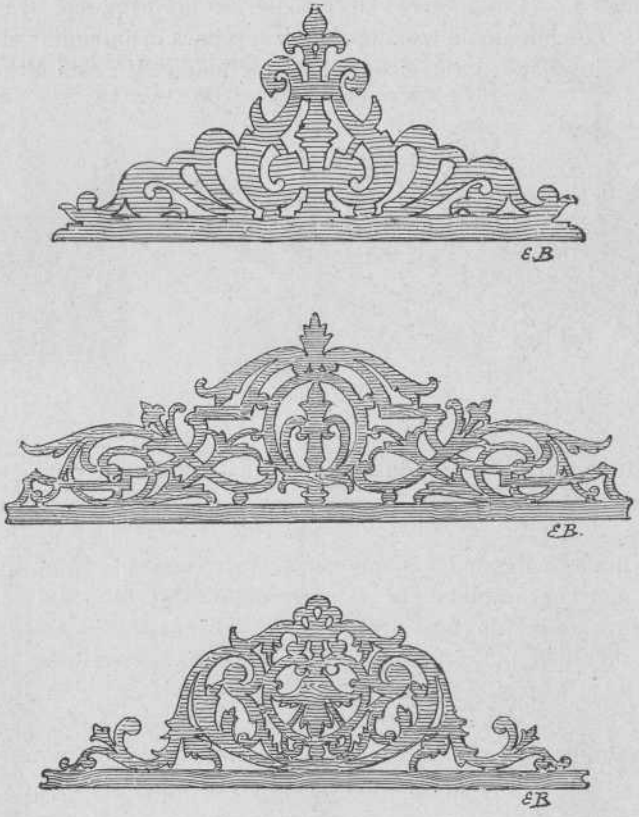


Fig. 1901. — Frontón.

pueda contribuir a la decoración. La figura 1901 es un ejemplo de frontón cuyo dibujo es una copa entre dos estilizaciones de follaje muy sencillas.

Más calada es la figura 1902, preparada para coronar una puerta o un panel. En los tabiques divisorios en cafés y locales análogos, es donde estos motivos se emplean principalmente.

Algunos de estos motivos presentan calados muy claros, como muestran nuestras figuras 1903 y 1904. Estos últimos modelos son de



Figs. 1902 a 1904. — Frontones.

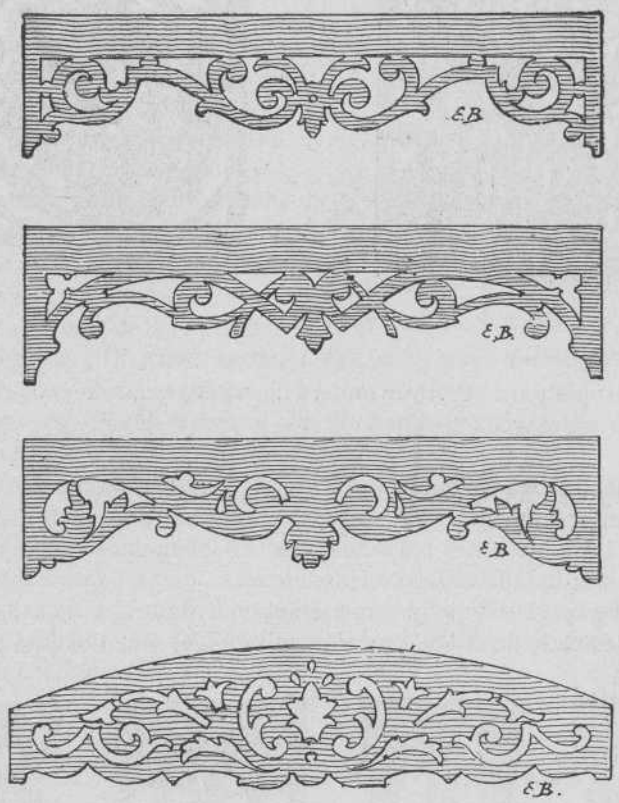
dimensiones bastante grandes y hemos tenido que reducirlos para encontrarles sitio.

Pabellones.—En carpintería un pabellón es una pequeña pantalla de madera calada que sirve para ocultar el paquete que forman las hojas de una persiana cuando está enteramente levantada. También aquí el diseño del calado es una cuestión de gusto y por consiguiente nos debemos abstener de discutirla.

Nuestro primer ejemplo (fig. 1905) es muy calado y sus follajes de una grande y hasta excesiva ligereza. El pabellón representado en la

figura 1906 merece el mismo reproche, pero es de un dibujo un poco más afortunado.

Más sólido, y seguramente de tan buen efecto por lo menos, es el modelo que damos en la figura 1907, que no presenta más que diez claros y es por consiguiente de un precio de coste menor.



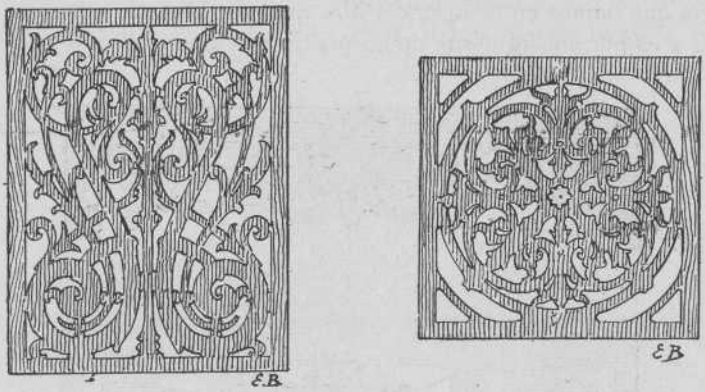
Figs. 1905 a 1908. — Pabellones.

En los vanos de arco, el pabellón sigue naturalmente la forma del hueco y el dibujo del calado se trata en consecuencia (fig. 1908).

Paneles calados.—Para los pequeños forjados triangulares o curvilíneos, rogamos a nuestros lectores se refieran a las ménsulas (figuras 1853 a 1864 y 1871 a 1877), donde quizá encontrarán algunas indicaciones útiles.

Los paneles de madera calada se emplean en los tabiques de separación de los cafés, bares, y en general en todo lugar donde se trate de separar sin cerrar de un modo absoluto.

El ejemplo de la figura 1909 puede doblarse en altura y formar así un panel de dibujo simétrico. El panel cuadrado de la figura 1910

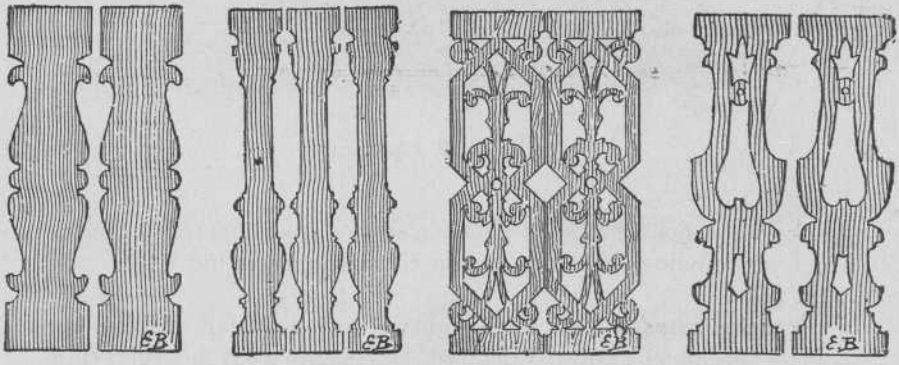


Figs. 1909 y 1910. — Paneles.

es muy propio para servir de motivo de repetición, rodeando cada cuadrado por un marco.

Balaustres de balcones.—Aunque la palabra balaustre esté empleada impropiamente aquí, la conservaremos porque ha sido adoptada por los fabricantes para designar los elementos que forman los balcones, las balaustradas, verjas, etc.

La figura 1911 nos da un ejemplo muy sobrio y de aspecto muy robusto, tomado de la construcción suiza. Tan sencillos y también sin

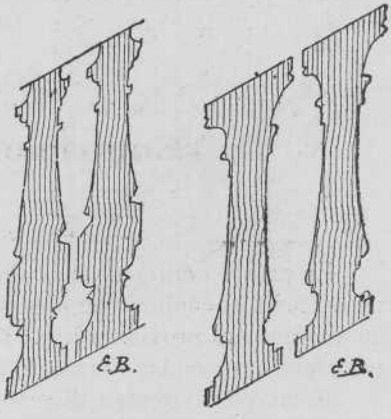


Figs. 1911 a 1914. — Balaustres.

calados, los balaustres representados en la figura 1912 pueden ponerse casi en contacto, o separados como se practica con los balaustres de piedra.

Los balaustres se hacen también con calados por el estilo de lo que indica la figura 1913, compuesta de partes rectilíneas con forjado de adorno. Más próximo al perfil de los balaustres de piedra es el modelo de la figura 1914, igualmente calado, pero dibujado con una mayor preocupación por conservar las fibras de la madera.

Por último, los balaustres de madera se emplean también en las partes inclinadas, para las barandillas de escalera, por ejemplo. El dibujo de estos balaustres debe hacerse entonces teniendo en cuenta la inclinación, y el perfil se encuentra deformado para permanecer paralelo a la barandilla en cada uno de sus puntos.



Figs. 1915 y 1916. – Balaustres de escalera.

La figura 1915, que imita también el perfil de los balaustres de piedra, puede hacerse con elementos más alejados unos de otros, como suele hacerse en las balaustradas.

Tratada con un perfil distinto, la figura 1916 es del mismo género que la anterior.

No nos extenderemos más en el estudio de la madera calada: sólo por excepción se encuentra el carpintero obligado a hacer este trabajo, y entonces los álbumes especiales pueden proporcionarle modelos en abundancia.

CAPÍTULO XVIII

Entibaciones y apeos

La palabra *entibación* designa tanto la acción de entibar o apuntalar, como el conjunto de piezas de madera empleadas para sostener de una manera provisional, ya sea construcciones o partes de construcciones, o bien las tierras de una excavación.

Estas piezas toman diversos nombres, según su destino, su función y la posición que ocupan, variando con la clase de entibación de que se trate.

En todo caso, es preciso, en la medida de lo posible, emplear para todas las piezas que soporten un esfuerzo de compresión en el sentido de su longitud, maderas bien derechas, no aserradas, bastante ligeras, pino por ejemplo, para facilitar la erección por su menor densidad.

Por el contrario, para las piezas que deben ser comprimidas en sentido perpendicular a las fibras de la madera, es preferible emplear maderas duras, la encina por ejemplo.

Entibación de los escarpes de una excavación.—Cuando una excavación es de una extensión demasiado grande para poder entibar simultáneamente los dos escarpes opuestos por medio de piezas de madera que la atraviesan, como se ve en la figura 1919, o cuando se trabaja en una ladera, puede aplicarse el método que indicamos en la figura 1917 y que consiste en sostener las tierras por medio de puntales.

Para este ejemplo hemos escogido el caso más desfavorable, es decir, que hemos supuesto un terreno esencialmente movedizo, arena o gravilla. En estas condiciones precisa revestir el terreno cortado, es decir, guarnecerle de fuertes tablas o tablones si fuera preciso, según el empuje del terreno y la distancia de los puntales. Las tablas del revestimiento se colocan en el sentido de la longitud de la excavación y más o menos separadas entre sí, según el mayor o menor grado de cohesión del terreno. Para un terreno de arena o gravilla, como el que nos ocupa, las tablas deberán ir a tope, y aun a veces hay que calafatear con yeso las juntas.

Contra el *revestimiento* se colocan zapatas verticales que sirven de apoyo a las cabezas de los puntales inclinados. Si las tablas fueran

colocadas verticalmente, en lugar de montantes llevarían largueros para transmitir el empuje a los puntales. Se evita el resbalamiento de éstos con cuñas clavadas a las zapatas.

En el suelo, los puntales se apoyan en *soleras*, donde se inmovilizan con calas en forma de cuñas.

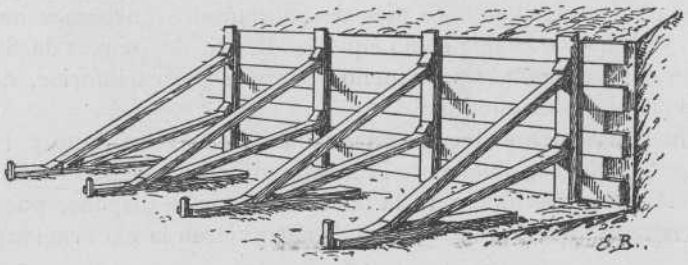


Fig. 1917. — Entibación.

Los puntales son más o menos numerosos según la altura del escarpe que han de sostener, siendo raro poner más de tres superpuestos en los casos ordinarios. Es preciso preocuparse de impedir el deslizamiento de la solera sobre el suelo, para lo cual basta clavar pilotes donde se apoya el extremo.

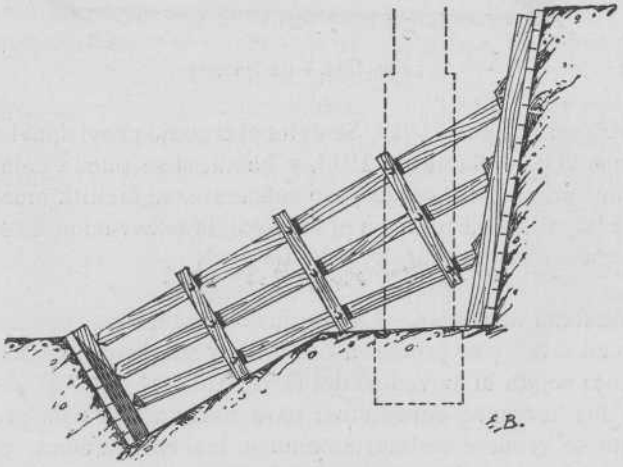


Fig. 1918. — Entibación.

Según la naturaleza de los terrenos, se da a la excavación un talud que permita su estabilidad temporalmente, mientras se hace la entibación.

El ejemplo de la figura 1918 es parecido al anterior, salvo que se ha practicado una excavación paralela destinada a servir de tope a los pies de los puntales. Como puede admitirse que en un mismo

suelo se pueden producir esfuerzos diferentes y que algunos puntales podrían soportar una fatiga mayor que los otros, se solidarizan por medio de cepos, como indica nuestro dibujo, que previenen el pandeo que pudiera producirse hacia el suelo o hacia arriba. Por el mismo motivo precisa a veces encepar en el sentido longitudinal, es decir, perpendicularmente a los tornapuntas o puntales.

Se observará que en los pies de los puntales no hemos indicado calas, y el motivo es que como aquéllos llevan dos cortes de sierra y apoyan normalmente, o poco menos, sobre la solera inferior, no hay tendencia al deslizamiento.

Cuando se trata de una excavación en terreno llano y los dos escarpes tienen sensiblemente la misma altura, no siendo su distancia demasiado considerable para la madera de que se dispone, puede ser más ventajoso hacer que los puntales atraviesen la excavación, como

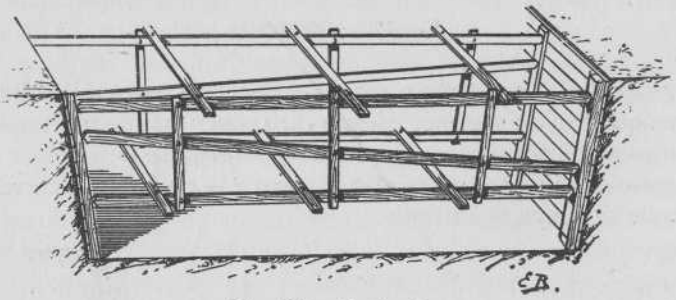


Fig. 1919. — Entibación.

se muestra en la figura 1919. Se evita el trabajo provisional del fondo, que hemos visto en la figura 1918, y hasta, si se puede dejar bajo la pieza inferior una altura de paso suficiente, se facilita mucho el trabajo que haya que ejecutar en el fondo de la excavación. Los escarpes se revisten según la naturaleza del terreno.

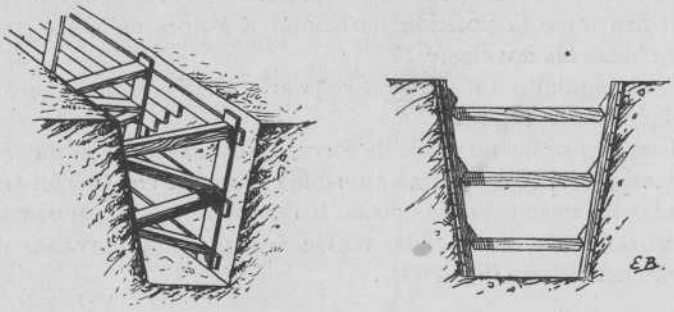
Acodalado de zanjas.—Las zanjas o trincheras se cortan verticalmente o en talud y se protegen con un revestimiento, haciéndose una u otra cosa según lo movedizo del terreno.

En los terrenos compactos, para excavaciones de profundidad media no se recurre ordinariamente a las entibaciones, pero si el terreno sobre el cual se proyecta construir es susceptible de corrimiento, deben tomarse las precauciones necesarias.

Como en las excavaciones que acabamos de ver, se revisten los taludes con tablas, sobre las que se aplican zapatas a distancias de dos a tres metros y se ajustan entre cada dos de ellas *codales* inclinados, dispuestos como indicamos en la figura 1920.

A veces se emplea la disposición representada en la figura 1921, pero presenta el inconveniente de exigir maderas cortadas a medida y

que no pueden servir de nuevo para otra trinchera como no tenga el mismo ancho, mientras que con la disposición de la figura 1914 pueden



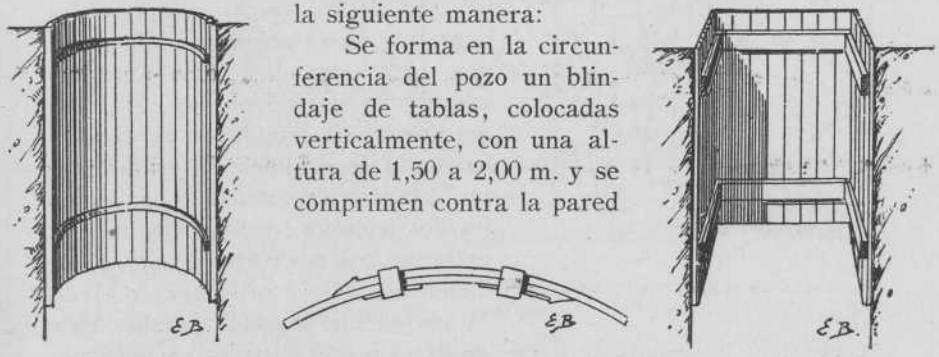
Figs 1920 y 1921. – Acodalados.

utilizarse las maderas para varios anchos de zanja puesto que basta para ello modificar la inclinación.

Revestimiento de pozos.—La excavación en pozo se hace a veces a una gran profundidad, y sería muy imprudente no tomar las precauciones necesarias para evitar los corrimientos capaces de producir graves accidentes.

Para los pozos de forma cilíndrica, que son los ejecutados con más frecuencia, cuando el terreno no presenta una consistencia suficiente se debe proceder de la siguiente manera:

Se forma en la circunferencia del pozo un blindaje de tablas, colocadas verticalmente, con una altura de 1,50 a 2,00 m. y se comprimen contra la pared



Figs. 1922 a 1924. – Revestimientos de pozos.

por medio de un aro extensible de hierro de 50 × 9 mm. y cuyas extremidades se cruzan unos 30 cm. (fig. 1923), para diámetros de pozos desde 1,20 m., mínimo para permitir el trabajo de los obreros, hasta 1,50 m. máximo de los pozos ordinarios.

Colocadas las tablas, se regula el aro de hierro según el diámetro que deba tener para oprimir fuertemente el revestimiento y se fijan

los collares con cuñas de hierro. Se pone entonces el aro inclinado, doblándolo ligeramente en forma de elipse y con los dos contactos en su sitio definitivo y se obtiene el aprieto del revestimiento haciendo que el aro tome la posición horizontal a golpes de mazo hasta que apriete todas las dovelas.

Para regular así los aros se requiere cierta práctica, que los poceros adquieren en seguida.

También se hacen pozos de forma cuadrada o rectangular, según las necesidades; el revestimiento se fija entonces con fuertes traviesas acuñadas las unas sobre las otras. Es prudente, para impedir un posible deslizamiento, sostener las traviesas con puntas clavadas al revestimiento por debajo (fig. 1924).

Entibación de muros con puntales. — El caso más general que necesite entibación es el de un muro que pierda su aplomo y amenace ruina, se hunda, se agriete o se combe.

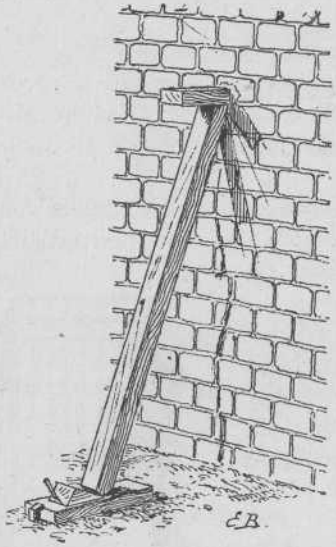


Fig. 1925. — Muro apuntalado.

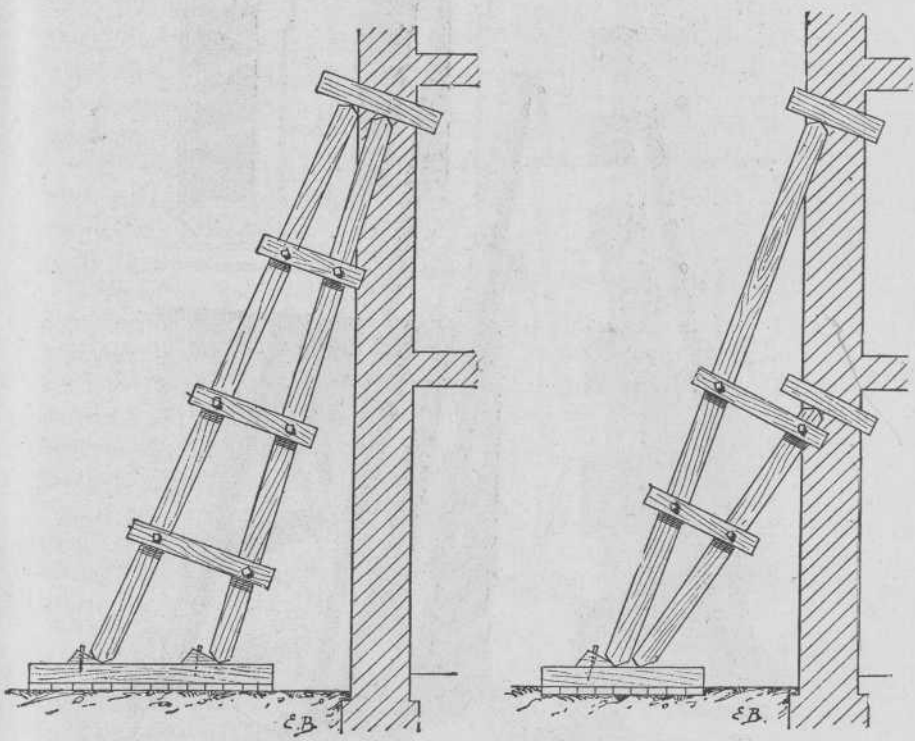
En el punto que parezca más favorable para *espaldonar,* pero preferentemente a la altura de un suelo que contrarreste el empuje, hay que empotrar en el muro una pieza de madera con una inclinación normal en lo posible al puntal, al que transmitirá el peso de la parte que hay que sostener (fig. 1925); el otro extremo del puntal se apoya sobre una solera con una cuña clavada, como anteriormente, revistiendo el suelo si fuese necesario. El puntal es de sección cuadrada generalmente, para presentar la misma resistencia al pandeo en los dos sentidos, y se corta por sus extremos con dos cortes de sierra formando cuchillo o prisma, como indicamos en las distintas figuras. Este corte tiene la ventaja de hacer pasar el esfuerzo de compresión por el eje de la pieza, mientras que con un corte recto se comprimiría solamente un lado y la pieza se encorvaría.

Rara vez se emplea un solo puntal, pues para obtener una buena entibación es necesario doblar el puntal, es decir, poner dos puntales en el mismo plano vertical, como indicamos en la figura 1926.

Hay que cuidar de no poner los puntales paralelos, sino por el contrario, procurar que formen un triángulo o una porción de triángulo, porque así se tiene una figura más indeformable. Se cogen jun-

tos en cepos los puntales para evitar el pandeo, pues las compresiones siempre son desiguales, y si se tienen varias baterías de puntales, pueden reunirse también con cepos para impedir el pandeo en el otro sentido, sobre todo para las piezas más largas, teniendo cuidado de disponer de tal modo el conjunto del apeo, que estorbe lo menos posible el trabajo de reconstrucción que lo ha motivado.

Si no pueden emplearse los cepos paralelos al muro apuntalado, puede constituirse la entibación o apeo con piezas dobles, formando



Figs. 1926 y 1927. — Apuntalamiento de un muro.

cada par un triángulo isósceles cuya base sería el suelo; los dos puntales de la figura 1926 serían reemplazados entonces por dos caballetes inclinados encepados juntos en sentido paralelo y perpendicular al muro. Esto formará un conjunto sólido y capaz de ofrecer entera seguridad.

Según las circunstancias, el triángulo formado por los puntales puede tener su vértice arriba, como acabamos de ver, o abajo, como muestra la figura 1927, cuando es interesante sostener un muro a diferentes alturas.

En la figura 1928 encontramos reunidas varias entibaciones dis-

tintas sobre una fachada y un piñón medianero que amenazan ruina: no tienen tal aspecto en nuestra figura, pero en fin, admitamos que amenacen ruina.

Primeramente se han acodalado las ventanas poniendo verticalmente soleras que se mantienen separadas y apretadas contra las jambas, mediante codales de madera colocados en forma de zig-zag; puede

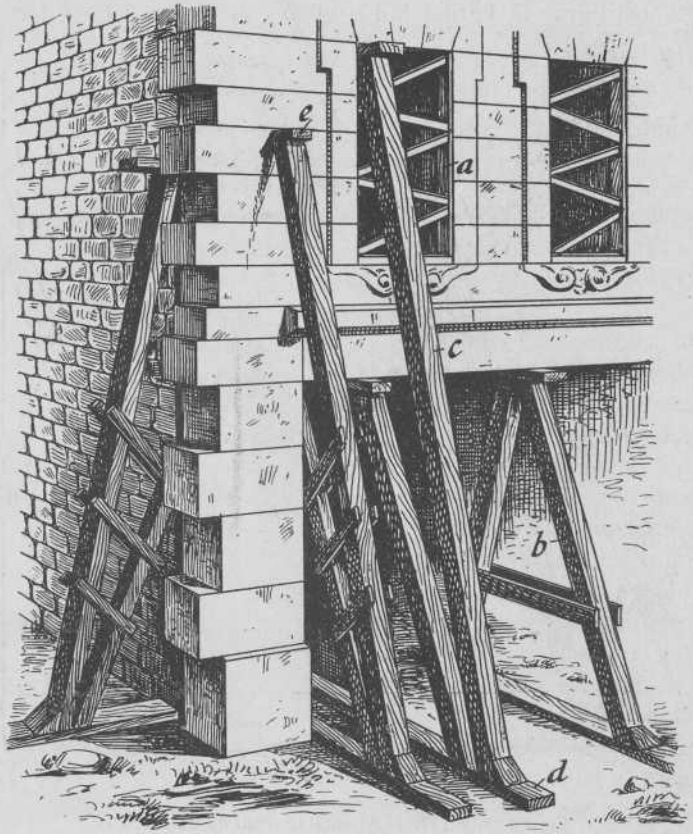


Fig. 1928. — Apeo de un edificio.

darse la presión necesaria, obligando a los codales a aproximarse a la horizontal.

El dintel está sostenido por caballetes de apeo, pudiendo reemplazarse éstos de un modo definitivo por una pilastra de piedra o una columna de fundición. Las partes superiores y el piñón están apeados con puntales sencillos o dobles, según la carga que deben soportar, y cogidos en cepos, si es necesario.

Se acostumbra hacer una especie de guarnición de yeso alrededor de las soleras, en el suelo. Esto añade muy poco a la solidez, pero

es, por decirlo así, un testigo que permite darse cuenta de cualquier movimiento que pudiera iniciarse y si el terreno sobre que reposa el apeo no ha sufrido ninguna depresión. En efecto, si se produjera un asiento, aparecerían roturas en el yeso y esto sería una preciosa advertencia.

Apeos. — Un *apeo* es un conjunto de piezas de madera destinado a sostener una parte de mampostería que se reconstruye por debajo, o también, cuando se quiere transformar en tienda una vivienda en planta baja, reemplazando un entrepaño de muro por un dintel.

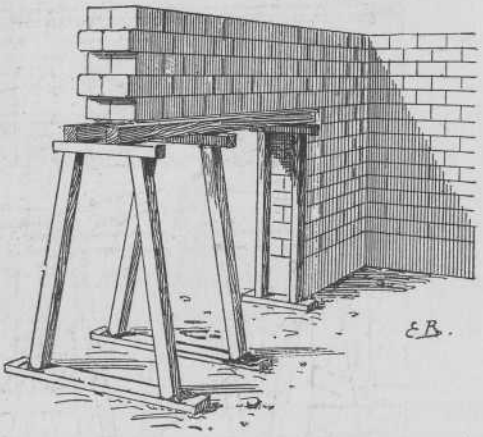


Fig. 1929. — Apeo.

El caballete se pone siempre perpendicularmente al muro que soporta (fig. 1929).

En razón de la carga considerable que tiene que soportar generalmente y para no tener necesidad de emplear traviesas o cabeceros de escuadría demasiado grande, se aproximan por la parte alta las cabezas de las piezas inclinadas tanto como sea posible sin estorbar el trabajo ni impedir la colocación de las piezas, dintel o puente que sustituirán a la mampostería suprimida.

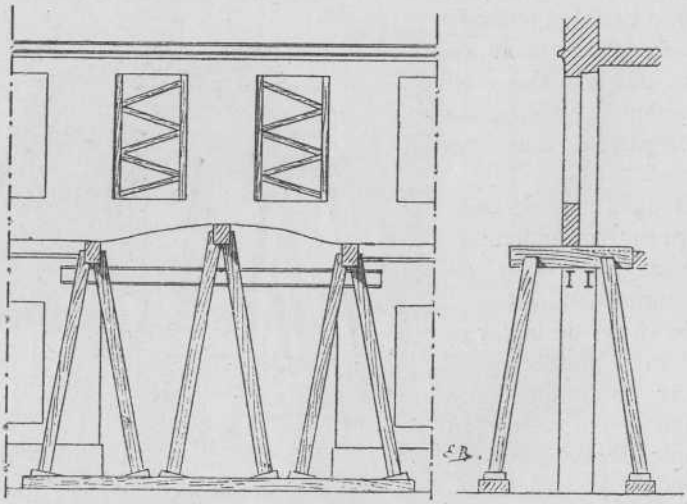
El caballete de apeo consta siempre de cuatro pies asemejándose a un verdadero caballete (figs. 1930 y 1931). Es la mejor entibación para sostener un muro cuando se desea colocar una viga o puente para dejar un gran vano.

Se empieza por perforar el muro por encima del sitio que ocupará el dintel y a la distancia que se haya determinado para la separación de los caballetes, haciendo agujeros en los que se introducen los cabeceros o traviesas; después se disponen en el suelo soleras, colocando luego entre unas y otras las piernas del caballete que se separan ligeramente de la vertical.

La parte inferior de cada montante del apeo está cortada según su inclinación sobre la solera y lleva una cuña cuyo corte se corresponde y permite el ajuste; la cabeza está escopleada para ofrecer un apoyo a la traviesa y mantenerla también verticalmente; luego se sujetan ambas piernas con un tornillo pasante para que aprieten la traviesa.

Si el muro que se apea necesita también apoyo entre caballete y caballete, pueden ponerse sobre las traviesas viguetas paralelas al muro a cada lado de éste, las cuales soportarán a su vez traviesas intermedias que se habrán introducido en agujeros practicados en el muro, como para las que forman parte de los caballetes.

A veces precisa arriostrar las patas de los caballetes por cepos o cruces de San Andrés, según los casos, y pueden estorbar mucho estas



Figs. 1930 y 1931. — Apeo.

piezas para colocar el dintel en su sitio. Entonces puede procederse de varias maneras distintas:

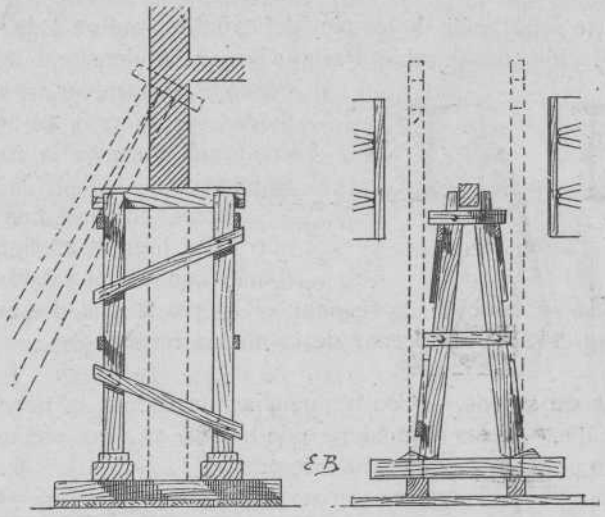
1.° Colocar el dintel al pie del muro antes de poner los caballetes.

2.° Si el dintel está compuesto de dos piezas y no se las quiere dejar en el suelo, donde constituyen un estorbo para el paso, pueden suspenderse de las traviesas y poner cepos inmediatamente debajo de los cepos perpendiculares al muro y que enlazan los pies del caballete. Más abajo, y una vez efectuada la demolición, pueden arriostrarse las patas con cruces de San Andrés.

3.° Cuando parezca indispensable asegurar la indeformabilidad del caballete en el sentido perpendicular a la fachada, puede hacerse dejando sobresalir las traviesas al exterior y poniendo jabalcones para consolidar los ángulos.

4.° Por último, para conservar un espacio libre, favorable al trabajo de los obreros, puede aumentarse la distancia entre los pies del caballete empleando un cabecero más largo y sostenido, o más bien triangulado, por jabalcones. Si la carga sobre la traviesa es demasiado considerable, puede reforzarse esta traviesa armándola con perfiles I

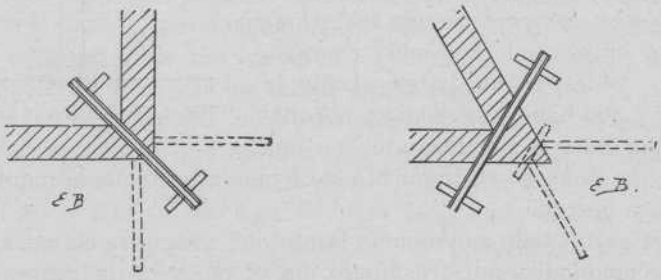
hechos solidarios por medio de fuertes pernos a distancias variables de 0,40 a 0,50 m., como se verá más adelante (figs. 1936 y 1937).



Figs. 1932 y 1933. — Apeo.

En algunos casos puede no ser preciso sostener un muro más que según una dirección vertical, y el simple puntal puede bastar, por lo menos provisionalmente.

El apeo que damos en las figuras 1932 y 1933 no se distingue de los anteriores más que por el paralelismo de los pies del caballete en sentido perpendicular al muro que debe sostener. Destinado a una



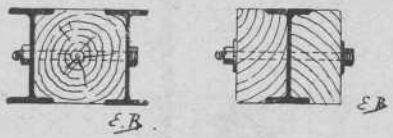
Figs. 1934 y 1935. — Apeo de una esquina.

reparación de poca longitud, este apeo puede arriostrarse con cepos en todos sentidos.

Cuando se trata de reconstruir la esquina de un edificio formada por dos muros que se encuentran en ángulo recto, obtuso o agudo, el apeo, para los dos primeros casos puede emplearse según la bisectriz del ángulo formado por los muros (fig. 1934); si, por el contrario, el ángulo

es agudo, como en nuestro ejemplo, figura 1935, es preferible colocar el apeo perpendicularmente a la bisectriz, como muestra nuestro dibujo.

La gran separación de los pies del caballete obliga a dar al cabecero una sección considerable. Para no llegar a dimensiones de madera enormes, se emplean traviesas armadas con hierros I, de perfiles comerciales según la resistencia necesaria.



Figs. 1936 y 1937. — Cabeceros.

Puede cogerse una madera entre dos hierros I (fig. 1936) y fijarlos con pernos a 0,40 ó 0,50 m. de distancia; o también, aprisionar el hierro I por dos piezas de madera (fig. 1937) y empernar de la misma forma.

Apeos de suelos. — Con frecuencia se presenta la necesidad de tener que apear suelos de madera o de hierro, ya para efectuar reparaciones, o para que temporalmente puedan soportar una carga excesiva para la que no han sido establecidos, o por último, para aliviar un muro que amenaza ruina y sobre el cual reposan.

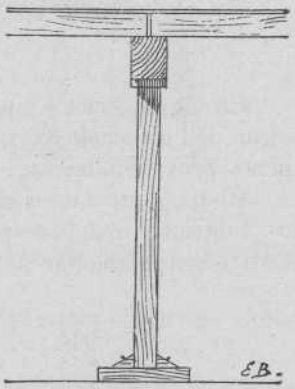


Fig. 1938. — Apeo de una viga.

Si el suelo está establecido sobre una viga maestra y es ésta la que hace flexión, o si su punto de apoyo sobre la mampostería amenaza fallar, se sostiene esta viga por medio de un pie derecho, conforme indicamos en la figura 1938. Este apeo se compone de una solera que descansa en el suelo haciendo contacto perfecto, y después de haber alzado la viga si es que había descendido, por medio de un gato o simplemente con una palanca, se pone en su lugar la *vela* o pie derecho que la mantendrá a la altura deseada.

Para evitar todo movimiento lateral del sostén, se clavan tacos o ejiones, como indica nuestro dibujo, en el pie y en la cabeza de la vela, sobre la solera y bajo la viga apeada.

Este apeo se sitúa cerca del empotramiento de la viga si es el muro el que amenaza ruina, o en un punto cualquiera de su longitud donde el peligro se anuncie por una flexión exagerada.

Si hay motivos para temer un desplazamiento lateral, o si la madera de que se dispone no tiene una escuadría proporcional a la carga, puede procederse como se indica en la figura 1939. Este apeo comprende dos puntales inclinados que vienen a sostener la viga;

tienen escopleada la cabeza para proporcionar un apoyo y oponerse al vuelco; en el suelo descansan sobre una solera y los pies van tallados en cuchillo según un ángulo obtuso. Con ayuda de una palanca puede darse el aprieto necesario y aun levantar la viga. Los puntales se fijan con cuñas clavadas a la solera. Aunque su inclinación y sobre todo el peso que soportan impide a los puntales separarse de la viga, se unen entre sí por travesaños clavados o empernados, simples tablas por lo general. Pueden también fijarse las cabezas de los puntales a la viga por medio de tirafondos, como indicamos en nuestro dibujo.

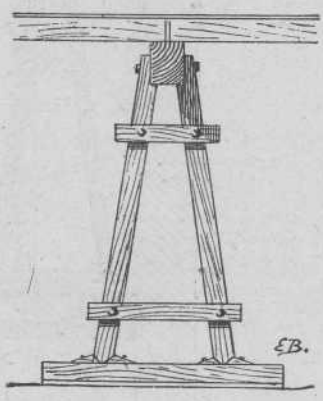


Fig. 1939. — Apeo de una viga.

En estos apeos es preciso preocuparse siempre de repartir la carga sobre una superficie del suelo suficiente para tener seguridad completa; para ello, sobre el suelo bien llano y apisonado si es preciso, se establece previamente un revestimiento que reparte la presión.

En el caso de varios pisos superpuestos, deberá tenerse cuidado siempre de poner el apeo superior a plomo sobre el inferior, para que las cargas sucesivas vengan a sumarse para comprimir la superficie sustentante del suelo.

Los apeos de suelo sin vigas se hacen contra las viguetas.

Para el establecimiento del apeo en el suelo, deben tenerse en cuenta las cargas que pueden resultar del sostenimiento de los suelos de los otros pisos y, por consiguiente, como estas cargas se añaden unas a otras, resulta que los apeos de la planta baja soportan todas las cargas acumuladas de los suelos superiores.

Cada serie sucesiva de apeos debe componerse de elementos de menor escuadría que los del piso inferior. Así: si suponemos por ejemplo una casa de cuatro pisos y una línea de apeos soportando 3 m. $\times$ 5 m. $\times$ 400 Kgs. = 6000 Kgs., cada uno de los pisos representará un peso de 6000 kilogramos. Tendremos, pues, sobre el suelo 6000 Kgs. $\times$ 4 = 24000 Kgs.; en el primer piso, 6000 $\times$ $\times$ 3 = 18000 Kgs.; en el segundo, 6000 $\times$ 2 = 12000 kilogramos; por último, en el tercero, la única carga del cuarto piso, o sea, 6000 kilogramos.

La figura 1940 muestra la disposición generalmente adoptada. Se ponen abajo soleras o zapatas, bajo el techo piezas de la misma fuerza y entre ambas piezas apeos cortados por arriba y abajo de modo que presenten una arista en medio y colocados con inclinación para que al enderezarlos hagan presión en ambos extremos.

En resumen, los apeos deben ponerse en lo posible a plomo unos sobre otros, sobre y bajo los suelos de los diferentes pisos, sobre todo si las soleras que los reciben no son de bastante espesor para repartir

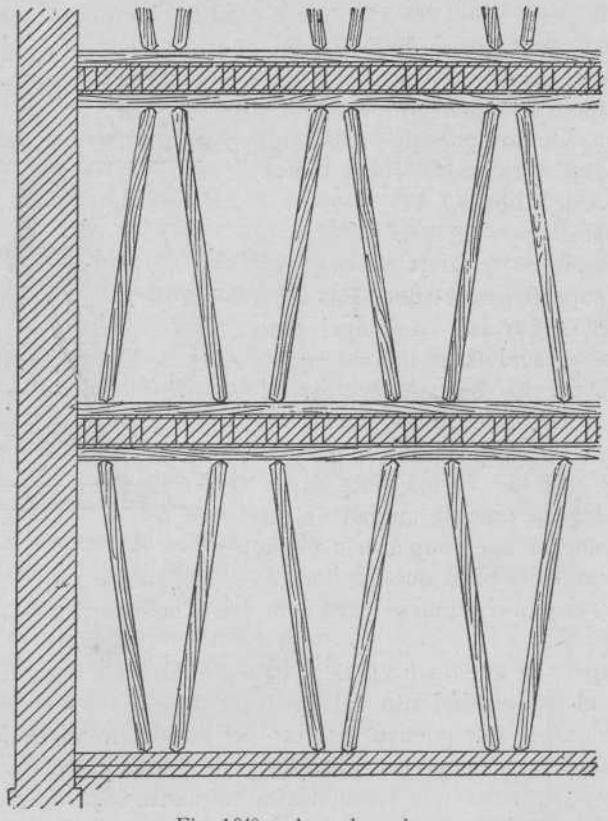


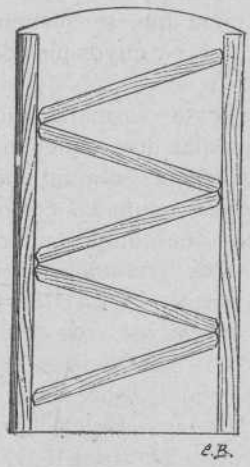
Fig. 1940. – Apeo de suelos.

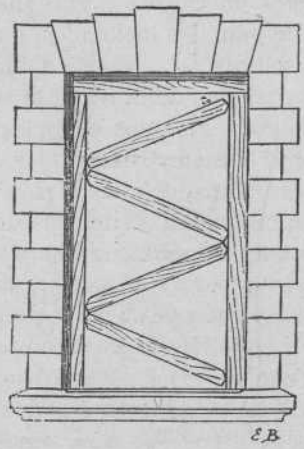
las cargas; pueden tomarse maderas que vayan disminuyendo de escuadría de un piso a otro.

Acodalados de vanos. — Los vanos forman en los muros soluciones de continuidad que pueden favorecer mucho las deformaciones. Cuando se produce un movimiento en un muro, las jambas de las ventanas, no sostenidas, son de las primeras en sufrir las consecuencias, por lo cual, aparte los apeos exigidos urgentemente por el estado de las cosas, se comienza por apear los huecos.

Es poco frecuente tener que recurrir al acodalado en el sentido vertical, a pesar de lo cual el caso se presenta a veces. No difiere de los que vamos a ver más que por la diferente dirección y la longitud de las piezas, por lo que nos ahorramos dar su dibujo.

La forma más empleada para apear un vano se representa en la figura 1941. Se ponen zapatas entre las jambas de las ventanas y en seguida se colocan pequeños puntales llamados *codales,* inclinados





Figs. 1941 y 1942. — Acodalado de vanos.

alternativamente en uno y otro sentido en zig-zag, y cortados por sus extremos de forma que no entren en contacto con la zapata más que por la arista resultante del corte y que se encuentra en sentido diametral.

Algunas veces los vanos están provistos de zapatas en tres de sus lados (fig. 1942) y también a veces en los cuatro lados, teniéndose un encuadramiento completo.

También se hacen acodalados compuestos de un cuadro completo y apeos verticales; o también, siempre con un cuadro completo, una o dos traviesas en lo alto y cruces de San Andrés en cada uno de los claros. Esta disposición acodala en todos sentidos y hasta en diagonal.

Cuando los muros son de mucho espesor, el apeo por codales puede doblarse, poniéndose uno en el telar del vano y otro en el derrame.

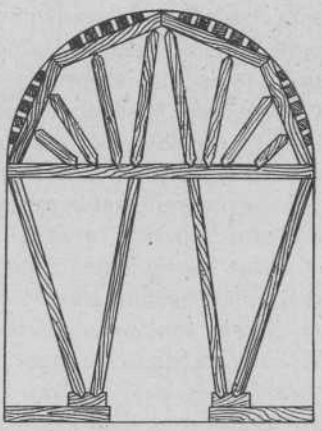


Fig. 1943. — Apeo de bóveda.

Apeos de bóvedas.—Más adelante se encontrará un estudio muy completo de las cimbras, donde se verán casi todos los casos que pueden presentarse en el apeo de

bóvedas. Nos limitaremos aquí a dar un ejemplo que presentamos en la figura 1943.

En las partes curvas de los huecos que deben apearse, ya para separarlos, ya para rehacer los pies derechos, se pone a la altura de arranques un tirante o más bien una traviesa que se sostiene con ayuda de puntales inclinados, para poder apretar y cuyos pies descansan en soleras.

Por encima de la traviesa se colocan zapatas formando un polígono y los segmentos están ocupados por calas que sostienen punto por punto la mampostería o las dovelas; las zapatas se mantienen con puntales inclinados y las piezas están caladas o acuñadas como se ve en el dibujo para evitar los deslizamientos que comprometerían la solidez del conjunto.

CAPÍTULO XIX

Andamios

Generalidades.—Se llama *andamio* una construcción provisiona de carpintería, fija o móvil, destinada a sostener los obreros y los materiales para la construcción o la reparación de los edificios. Se distinguen los *andamios simples* y los *andamios ensamblados*.

Los primeros, llamados también *ordinarios*, sirven sobre todo a los albañiles en las construcciones corrientes, y también con frecuencia a los obreros de las otras profesiones. Los más sencillos se componen de caballetes, sobre los que se ponen tablas o maderos para formar un suelo. En seguida vienen los andamios establecidos en planos verticales, hechos por los albañiles mismos y que están formados por *almas* o *zancos*, cuyos pies se empotran en el suelo o se fijan sobre éste por medio de pequeños macizos de cascotes y yeso, o de piedra y mortero, según las localidades

Las almas, que suelen ser rollizos, van enlazadas entre sí por piezas igualmente redondas, formando largueros horizontales y amarrado todo con cuerdas en los cruzamientos y empalmes. Las almas o pies derechos, paralelos a la fachada de la obra, se espacian entre sí de 2 a 3 metros según los casos. Entonces, a medida que se eleva la construcción, se ponen perpendicularmente a la fachada *almojayas* o *puentes* de maderas más cortas, para un saliente del andamio de 1 m. a 1,50 m., pero sensiblemente del mismo diámetro, amarrados con cuerdas en los puntos en que el alma encuentra al larguero o traviesa. Cuando la andamiada es sencilla, es decir, no tiene más que una fila de zancas, el puente queda embutido en el muro, en el que al subir se van dejando *mechinales* con este objeto. Si el andamio es doble, lleva dos filas de almas, como se acostumbra en las reparaciones cuando no quiere hacerse agujeros: las almojayas se atan a las almas y a las traviesas de la segunda fila por medio de cuerdas, como se hizo para la primera fila. En este caso se aprovechan los vanos para pasar los puentes al interior.

Sobre las almojayas o puentes se coloca un piso de tablas que tienen próximamente 4 m. de largo por 30 ó 32 cm. de ancho. Para impedir que se abran los elementos que componen este suelo, van pro-

vistos de pequeñas traviesas clavadas por debajo, o armadas con collares de fleje clavados igualmente, en número de tres en todo el largo.

Los puentes van espaciados en altura de 1,75 a 1,85 m. aproximadamente, y al subir se dejan en su sitio, aunque se quitan las tablas para colocarlas sobre los puentes que se acaban de poner por encima, pero siempre se dejan una o dos tablas y las escalas para el servicio.

Las almas o pies derechos no son bastante largos para servir una construcción de cierta altura; su diámetro medio es de 0,12 para las de 5 m. de largo y de 0,18 para las de 10 m.; se empalman unas con otras por medio de ligaduras. El diámetro de los puentes es de unos 10 a 12 cm. y su longitud de 2,50 metros.

Hay también *andamios volantes* y en báscula que no descansan en el suelo y están construídos por los mismos medios y con las mismas maderas.

Pero, como ya hemos dicho, estos andamios son establecidos por los albañiles y no constituyen realmente un trabajo de carpintería, debiendo nosotros examinar ahora los andamios empleados en las construcciones que necesitan otra cosa que andamios eminentemente provisionales; queremos hablar de los *andamios de ensamblajes* o de carpintero, establecidos por éstos y susceptibles de mayor duración y resistencia, y llamados también *andamios fijos*, y *andamios rodantes* cuando son móviles.

Andamios de ensamblajes.—Los andamios de maderas ensambladas, verdaderas obras de carpintería, se emplean sobre todo en las construcciones cuya edificación exige un tiempo bastante considerable, a veces muchos años.

Los andamios deben ser objeto de un estudio especial en cada caso particular. No podremos por tanto más que dar algunos ejemplos que pueden servir de indicación para las disposiciones que se han de tomar y los medios empleados para realizarlas.

Las piezas empleadas en los andamios de ensamblajes deben ser de madera de fibra recta, cuidadosamente escuadradas para asegurar los contactos y apoyo necesarios a ensamblajes resistentes.

Los ensamblajes son los empleados ordinariamente en carpintería, pero deben emplearse lo menos posible y solamente los más sencillos, las entalladuras o encajes por ejemplo, de modo que las maderas no queden muy estropeadas y puedan utilizarse otra vez después de desmontarlas. Los medios para conseguir la estabilidad son los cepos, los jabalcones y las cruces de San Andrés.

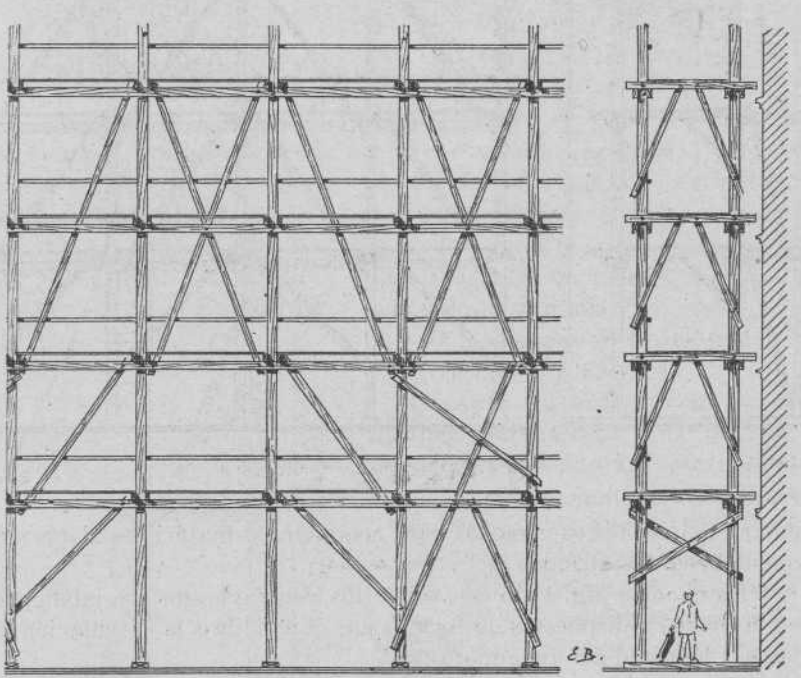
La escuadría de las maderas, que debe corresponder a la carga que soportarán, varía para los puntos de apoyo verticales de 20 a 30 cm., y aun más, de lado. Pero en todo caso es prudente tener en cuenta todos los esfuerzos y tomar escuadrías en consecuencia; todas

las piezas restantes deben ser proporcionadas a la importancia de los diferentes esfuerzos que pueden imponérseles.

Importa también combinar estos andamios de modo que sean sencillos y sólidos: sencillos, porque deben estorbar lo menos posible el trabajo de los obreros y la colocación de los materiales; sólidos, porque además del peso de los obreros que han de sostener, deben además soportar la carga de los materiales necesarios para la ejecución del trabajo.

Pueden adoptar formas variadas que deben ser apropiadas a los trabajos que se ejecutan, a la forma de las construcciones y, en general, a todas las circunstancias que puedan originar la diversidad de disposiciones especiales.

Andamios fijos.—Nuestro primer ejemplo (figs. 1944 y 1945) conviene para una fachada de longitud y altura cualesquiera. Se compone



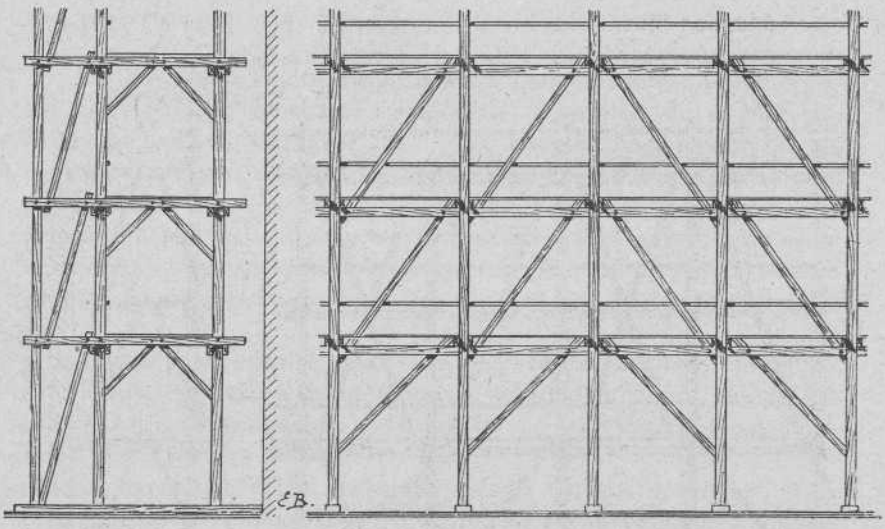
Figs. 1944 y 1945. — Andamio fijo.

de dos líneas de pies derechos que descansan sobre soleras transversales y longitudinales. Estas almas se colocan espaciadas, según las necesidades de solidez, 2 ó 3 metros de eje a eje aproximadamente, en el sentido paralelo de la fachada, y de 1,50 a 2 m. según las necesidades, en el sentido perpendicular a esta misma fachada.

Las traviesas que unen entre sí los pies derechos en el sentido longitudinal se componen de dos cepos ensamblados a los pies derechos con entalladuras poco profundas y fijos con pernos provistos de arandelas; las traviesas-cepos transversales se ensamblan al pie derecho con entalladuras y pernos, y además descansan sobre los cepos precedentes. Sobre estos cepos se apoya el suelo formado de gruesas tablas.

A una altura conveniente se ponen largueros que sirven de pasamanos o antepechos; también se instalan escaleras para el ascenso y descenso de los obreros, sin perjuicio de las escaleras de mano, que prestan también sus servicios.

El arriostramiento se efectúa por diagonales y cruces de San Andrés; no se han empleado estas últimas en todas partes, a fin de



Figs. 1946 y 1947. — Andamio fijo.

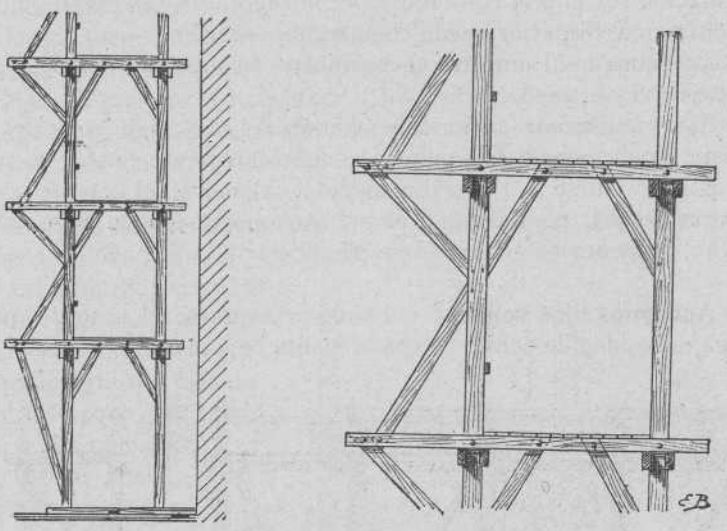
dejar espacios libres cómodos para conducir los materiales al piso en que deben ser utilizados.

En el corte (fig. 1945) se ve que los contravientos son jabalcones empernados y dispuestos de forma que dejen libre la circulación en toda la longitud del andamio.

El andamio representado en las figuras 1946 y 1947 no difiere del anterior más que por el sistema de contraviento, que es enteramente de tornapuntas. En la sección (fig. 1947) se ve que se ha creído necesario establecer un verdadero contrafuerte exterior. En nuestra opinión, puede economizarse este saliente, siendo suficiente la triangulación por jabalcones, si está bien hecha.

No se puede negar, sin embargo, que este arriostramiento de contraviento en el sentido perpendicular a la fachada sea una preocupación

seria de los constructores que han intentado siempre realizarlo. Así,

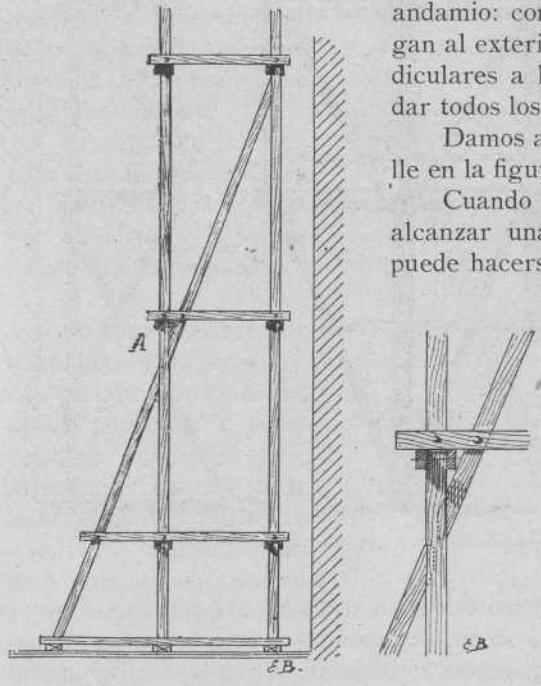


Figs. 1948 y 1949. — Contraviento y detalle.

por ejemplo, la figura 1948 da un procedimiento que tiene la ventaja de no obstruir demasiado el pie del andamio: consiste en que sobresalgan al exterior las traviesas perpendiculares a la fachada y en consolidar todos los ángulos.

Damos a mayor escala un detalle en la figura 1949.

Cuando un andamio no ha de alcanzar una altura muy grande, puede hacerse este arriostramiento como indicamos en la figura 1950. Pero presenta el inconveniente de ocasionar un estorbo considerable delante de la base o pie; además, esta forma de arriostramiento no es conveniente casi más que para un andamio destinado a utilizarse en el trabajo solamente sobre la



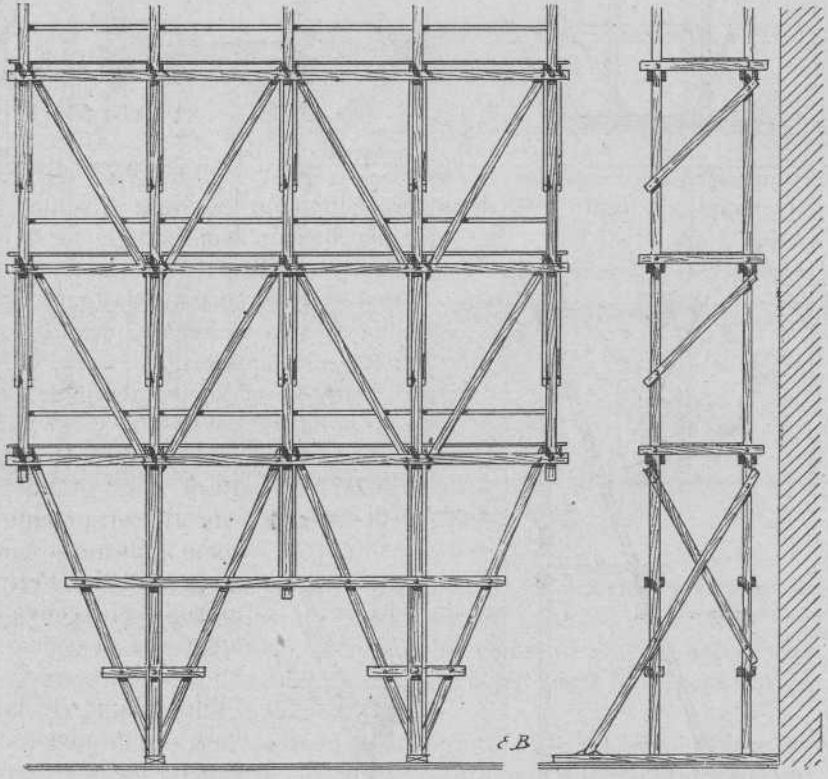
Figs. 1950 y 1951. — Arriostramiento y detalle de *A*.

primera y tercera traviesas, porque la pieza oblicua hace difícil la circulación por el piso colocado sobre la segunda. Es verdad que, por el contrario, el inferior queda completamente libre.

La figura 1951 muestra el ensamblaje de la pieza inclinada con el pie derecho y el cepo.

Estos andamiajes son independientes del edificio, delante del cual se establecen; pero si este edificio es suficientemente estable para que sea posible unirse a él por un medio cualquiera, el que se ve en la figura 1954, por ejemplo, el arriostramiento puede simplificarse mucho, al menos en el sentido perpendicular a la fachada.

Andamios fijos volados. — Puede presentarse el caso de que se tenga necesidad de conservar en la planta baja el mayor número posi-



Figs. 1952 y 1953. — Andamio fijo volado.

ble de espacios libres durante una reparación para permitir el acceso de una puerta cochera o arcada por ejemplo.

Puede entonces levantarse el andamio según la disposición indicada en las figuras 1952 y 1953 y que consiste en apoyar en el suelo

sólo un pie derecho de cada dos y dejar los otros suspendidos como indica nuestra figura.

Desde luego, como los pies derechos que sostienen el conjunto se encuentran sobrecargados con el peso de un tramo, conviene darles la sección necesaria para responder a los esfuerzos que deben soportar. Cuando no se dispone de madera de una escuadría suficiente, pueden reunirse dos piezas y reforzar los arriostramientos para oponerse al pandeo en el sentido de la sección más débil.

Los pies derechos se levantan sobre soleras colocadas perpendicularmente a la fachada, y éstas, si es preciso, sobre una plataforma general embutida para no estorbar el paso de los coches. Apuntalados provisionalmente los pies derechos, se pone el segundo cepo y los tornapuntas, y después se ponen en su lugar los cepos longitudinales y transversales. El pie derecho suspendido que ha sido apoyado en el suelo provisionalmente pasa entre los cepos del primer suelo y es elevado seguidamente para ocupar su sitio definitivo.

El resto de la construcción de este andamio no necesita descripción, por ser idéntico a los andamios ya examinados.

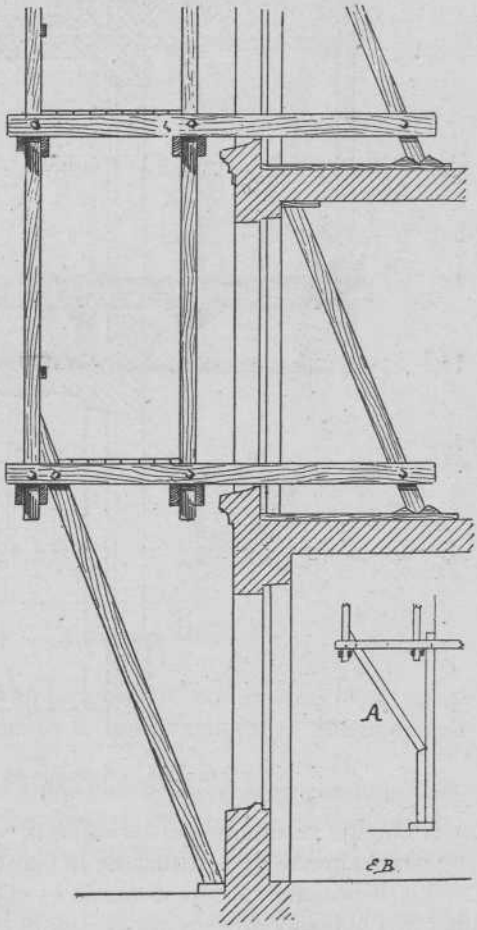


Fig. 1954. — Andamio sobre tornapuntas.

Andamios sobre tornapuntas. — Algunas veces, en las calles estrechas de las poblaciones, puede resultar imposible hacer saliente el pie del andamio. Entonces puede recurrirse al andamio sobre tornapuntas que presentamos en la figura 1954, que no presenta en la base ningún saliente. Si, a pesar de ello, no pudiera admitirse el tornapunta así dispuesto, podría emplearse la disposición adoptada en *A* y que

es una variante a pequeña escala de la forma de sostenimiento que da la figura 1954.

Este tornapunta desempeña un papel muy útil, pues anula el esfuerzo cortante que, sin él, se produciría en los cepos que se apoyan en la peana o el umbral del hueco. En el caso de la variante *A*, es indispensable que el muro de frente se encuentre en estado de sopor-

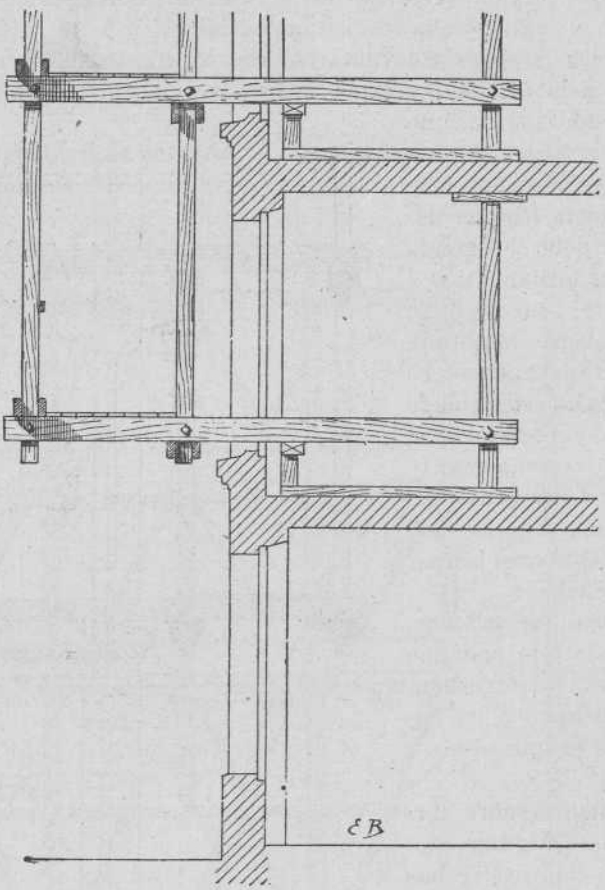


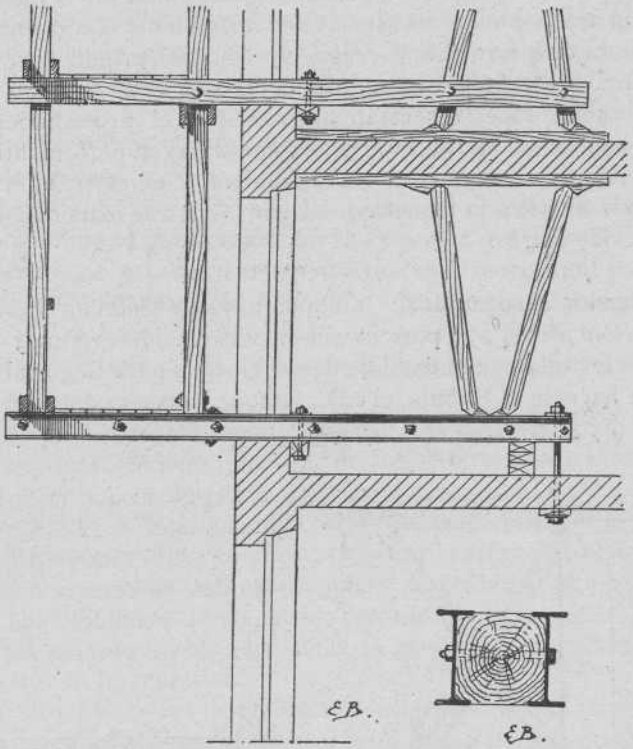
Fig. 1955.— Andamio de báscula.

tar el empuje resultante del tornapunta, empuje que actúa en el centro próximamente de la altura de la planta baja.

La disposición de este andamio es clara. En cada piso va acuñada una pieza oblicua entre los dos suelos; el cepo que sostiene el suelo del andamio se ensambla encima por medio de un perno, pasa por el hueco apoyándose en la pieza inferior del marco de éste, o calzado en el suelo, y soporta los pies derechos que constituyen el andamio. El total va provisto de cepos y contravientos, como en nuestros ejemplos anteriores.

Andamios de báscula. — Con este sistema, la acera queda enteramente libre en la altura de la planta baja. Como indica la figura 1955, el procedimiento consiste en equilibrar el peso del andamiaje por el peso de los suelos del edificio.

Arriostrados los suelos por medio de piezas verticales ajustadas, se ensamblan sobre estos pies derechos vigas o cepos que pasan por un



Figs. 1956 y 1957. — Andamio de báscula.

hueco, o si no lo permite su emplazamiento, por un mechinal en el muro, y sobresalen exteriormente lo que requiera el andamio que deben soportar.

Aquí hemos formado estas vigas con dos cepos buscando la facilidad de ensamblaje, pero pueden emplearse vigas de una sola pieza, bastando, sean de una o de dos, que su sección responda al esfuerzo exigido.

Estas vigas pueden ir calzadas contra el interior del muro de frente, como indica nuestro dibujo, o apoyadas sobre una solera que descansa en el murete de antepecho, y salen al exterior a recibir el pie de las almas que va ensamblado a caja y espiga si la viga es llena, o ensamblado con escopleaduras si se trata de cepos.

Para los pisos superiores están indicados los cepos si el pie derecho continúa; si, por el contrario, se interrumpe en cada piso, se emplearán las vigas de una pieza.

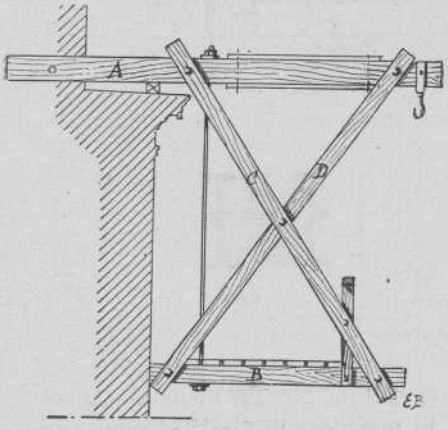
También con cepos se enlazan los pies derechos en el sentido paralelo a la fachada y, para mayor prudencia, pueden arriostrarse las extremidades de la andamiada en uno o dos tramos.

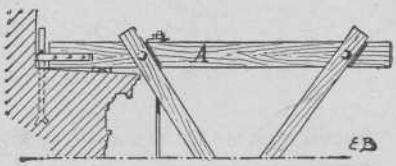
La variante del mismo andamio representada en la figura 1956 supone un trabajo más robusto que el precedente. La primera viga está armada de hierro y aprovecha el suelo del primer piso para ir amarrada a él con un perno con arandelas anchas de palastro.

Los suelos sucesivos están apeados por el procedimiento que hemos visto en la figura 1940 y los apeos sirven para mantener las vigas horizontales, siendo el resto semejante al caso anterior. La figura 1957 muestra la manera de armar la viga de madera con ayuda de perfiles de hierro.

Andamios suspendidos. — Cuando hay que efectuar una reparación que sólo afecta a la parte superior del edificio, sería muy oneroso tener que levantar un andamiaje desde el suelo para llegar al sitio en que debe hacerse el trabajo, el cual, aunque indispensable, puede ser a veces de escasa importancia y enteramente desproporcionado con el gasto que necesitaría el andamiaje.

Para evitar estos gastos inútiles, se recurre a los andamios suspendidos, con el servicio de los obreros por el interior y por la parte alta, por los huecos si se opera a una altura media, o por último, por medio de la cuerda de nudos ya descendiendo de lo alto, si se está cerca del entablamento del edificio, ya desde abajo cuando el andamio se encuentra a una altura media. La parte delicada de esta clase de andamios reside sobre todo en los medios de atado y colocación.





Figs. 1958 y 1959. — Andamio suspendido.

La figura 1958 nos muestra un andamio destinado a efectuar una reparación cerca de un entablamento. Es muy difícil de describir el

trabajo de instalación de este andamio, que depende en absoluto de las circunstancias. Vamos a procurar, sin embargo, decir algunas palabras, dejando entera libertad para hacer todos los cambios útiles y proceder por medios quizá más prácticos.

Suponemos la posibilidad de elevar las piezas por el interior. Se practican aberturas en el muro de ático por las que se pasan las vigas *A*, que se anclan por el interior; después se calzan sobre el entablamento para darles la posición horizontal y encima pueden ponerse tablas que formarán un suelo provisional. Desde este suelo se pueden bajar las piezas *B*, que pueden arriostrarse provisionalmente por aspas formadas con cuerdas, y se bajan también las tablas indispensables para ensamblar las piezas *C* y *D*, que previamente se han cogido con un perno, sin apretar, a la viga.

Los cordajes que sostienen las piezas *B* permiten levantarlas o bajarlas a voluntad para ensamblar las piezas *C* y *D* a la *B*.

Entonces se establece un arriostramiento horizontal por medio de dos piezas colocadas una encima y otra debajo de las piezas *A*, se pone el suelo de trabajo unido sobre las piezas *B*, a las cuales arriostra con ayuda de la balaustrada, que puede constituirse con diagonales.

El tirante roscado que se ve próximo al muro no es absolutamente indispensable; no obstante, en caso de depositarse materiales, alivia las otras piezas, y en todo caso no será nocivo.

En la figura 1959 damos una variante de colocación de la pieza *A*, que consiste en empotrar un ancla, conducir la pieza sobre el entablamento paralelamente a la fachada, meter la brida por el ancla y fijar con una chaveta por encima; hacer después girar la pieza deslizándose sobre el calzo hasta que tome la posición perpendicular a la fachada, que es la definitiva.

Este procedimiento dista mucho de ofrecer la misma seguridad que el precedente, siendo considerable el brazo de palanca formado por la pieza *A*.

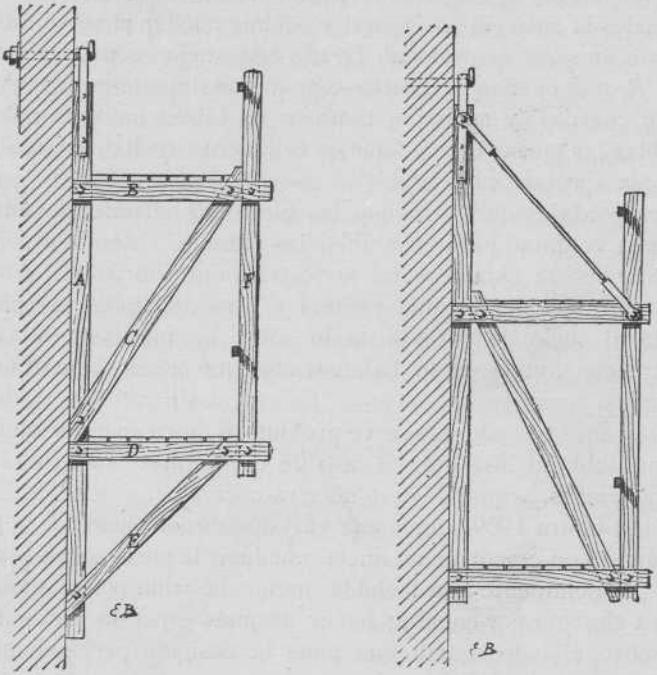
El andamio de la figura 1953 no conviene sino para un trabajo que se ha de ejecutar cerca del entablamento. Si, por el contrario, el trabajo debe ejecutarse a una altura intermedia entre el suelo y la parte alta, puede recurrirse a los andamios colgados con ganchos por el orden del que presentamos en la figura 1960.

Se procede casi siempre empotrando maderas en la mampostería, pero hemos pensado que se evitarían numerosos agujeros procediendo simplemente a enganchar el andamio como indica nuestra figura.

El gancho de suspensión, de una fuerza en relación con el peso que ha de sostener, se pone con ayuda de la cuerda de nudos y puede atornillarse por el interior del muro. La pieza *A* está provista de un herraje para colgar y se baja a su sitio; se colocan en seguida

las piezas *B* y *C* y después las piezas *D* y *E*, formando así dos pescantes. No queda sino poner en su lugar el pie derecho *F*, los listones que forman barandilla y los suelos. Puede arriostrarse con un aspa.

En esta disposición, las piezas *C* y *E* están comprimidas. En la disposición indicada en la figura 1961, las piezas oblicuas, por



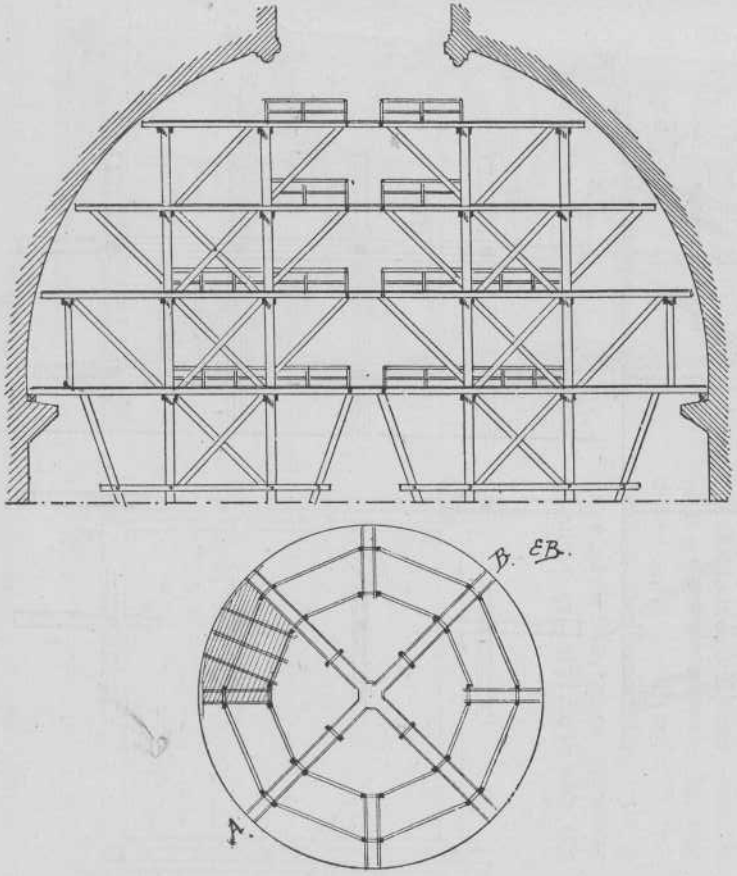
Figs. 1960 y 1961. — Andamios suspendidos.

el contrario, están estiradas. El resto es análogo al ejemplo precedente.

Andamiajes para monumentos.—Estamos obligados a contentarnos con dar unas cuantas figuras esquemáticas, porque el estudio de andamiajes de esta importancia adquiriría un desarrollo que se saldría del programa que nos hemos trazado.

Las figuras 1962 y 1963 representan un andamiaje establecido para la reparación de una gran cúpula. Está compuesto de cierto número de plataformas o suelos que permiten el trabajo por toda la superficie de la cúpula. Pasarelas, que se cruzan en el centro, ponen en comunicación los lados opuestos y evitan largos rodeos.

Los diferentes pisos están servidos por escaleras y escalas. La figura 1963 da la planta, y la 1962 un corte por una de las pasarelas.



Figs. 1962 y 1963. – Andamiaje interior.

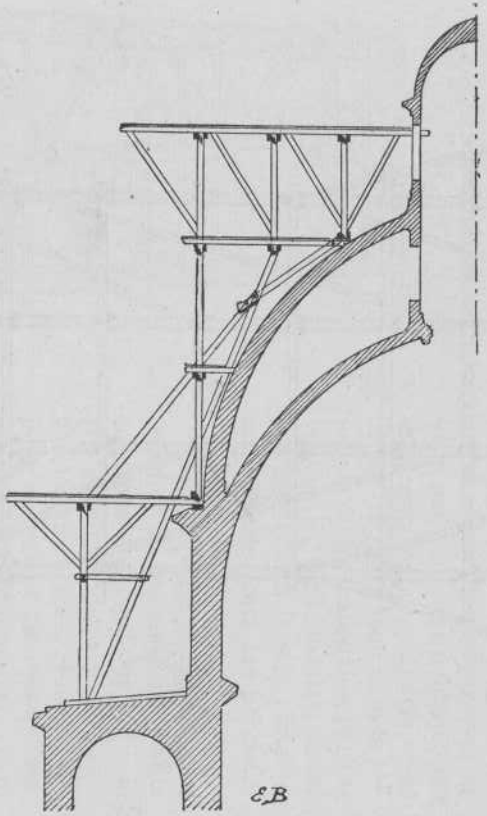
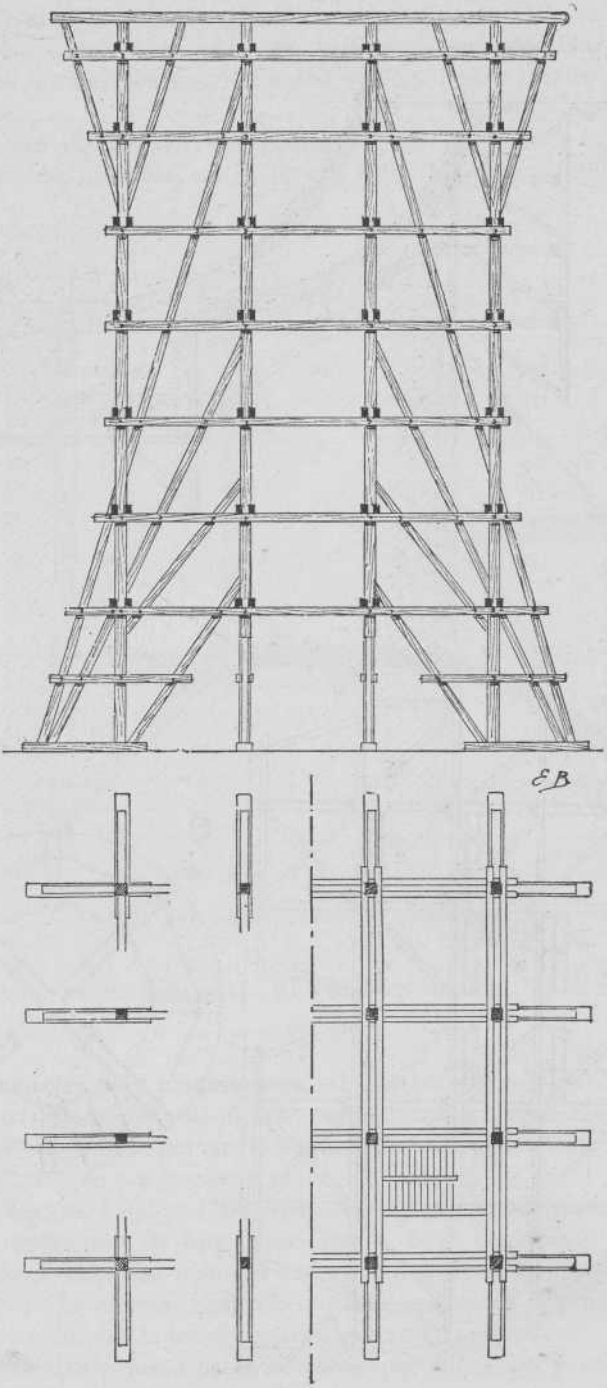


Fig. 1964. – Andamiaje exterior.

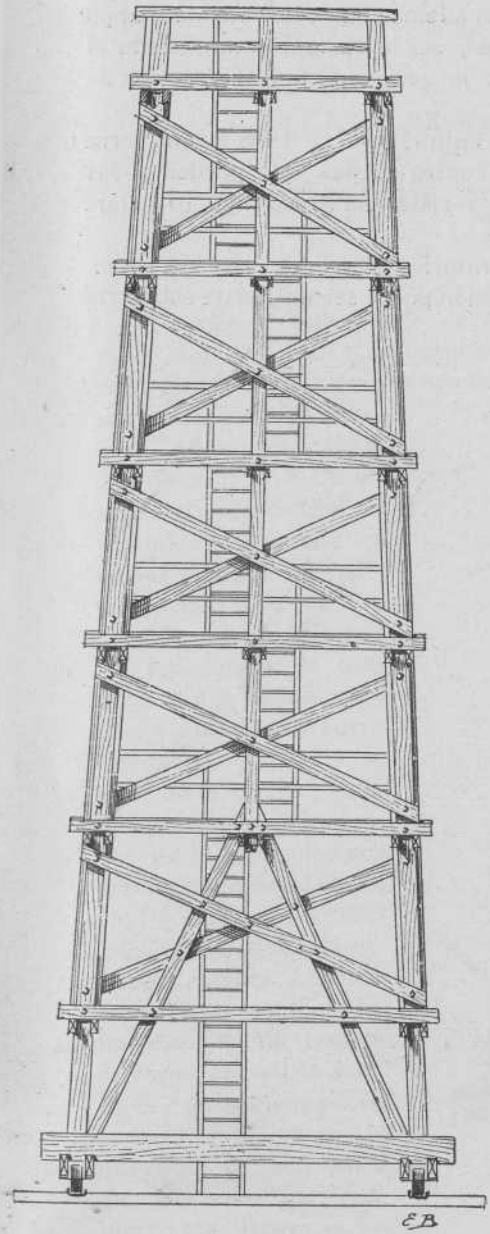


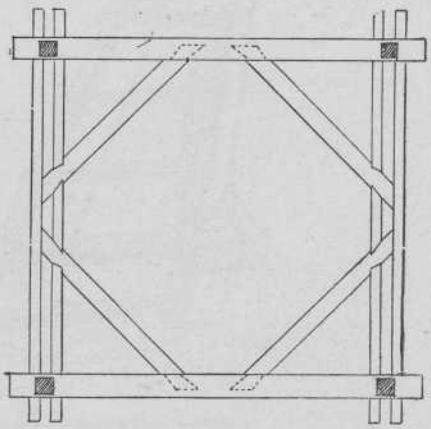
Figs. 1965 y 1966. – Andamio en castillete.

La figura 1964 ofrece un andamiaje destinado a la reparación de un domo. En nuestro dibujo, que sólo representa una parte, está dispuesto sobre todo para la elevación de los materiales, pero se ve que es fácil instalar, a ser preciso, cuatro o seis plataformas o suelos para las necesidades del trabajo.

En las figuras 1965 y 1966 tenemos un andamio de planta cuadrada que puede servir a la vez para el trabajo y para elevar los materiales. Pueden dejarse sobresalir los cepos y sostenerlos con tornapuntas para tener suelos intermedios bajo el superior.

Andamios volantes.—Se llaman *andamios volantes* los que deben servir para poderse desmontar fácilmente, en todo o parcialmente, para montarse de nuevo en otra parte una vez





Figs. 1967 y 1968. — Andamio rodante.

terminado el trabajo, según las necesidades y el adelanto de la obra.

Andamios rodantes.—Los andamios sobre ruedas se destinan a reemplazar a los andamios volantes, evitando así el trabajo de montaje y desmontaje, y proporcionando además una economía de tiempo que, en muchos casos urgentes, puede ser apreciable tanto desde el punto de vista económico, como por lo que respecta a la duración de los trabajos.

El ejemplo que damos en las figuras 1967 y 1968 es una torre de planta cuadrada montada sobre cuatro ruedas, que pueden rodar por hierros ⊔, o ser de garganta y rodar sobre carriles. El rodaje puede aplicarse a muchos andamios.

Se hacen también andamios giratorios cuando se trata de trabajos en edificios circulares. Esto también puede ser un rodaje sobre vía curva.

CAPÍTULO XX

Mecanismos elevadores

Cabrias. — Una *cabria* es un aparato empleado para levantar pesos. Los albañiles y los carpinteros hacen uso de ella: los primeros, para elevar los materiales cuando la altura no es considerable; los segundos, para la erección de las piezas pesadas de madera o de las armaduras ensambladas. Cuando una cercha es de luz bastante grande, puede necesitar el empleo de varias cabrias.

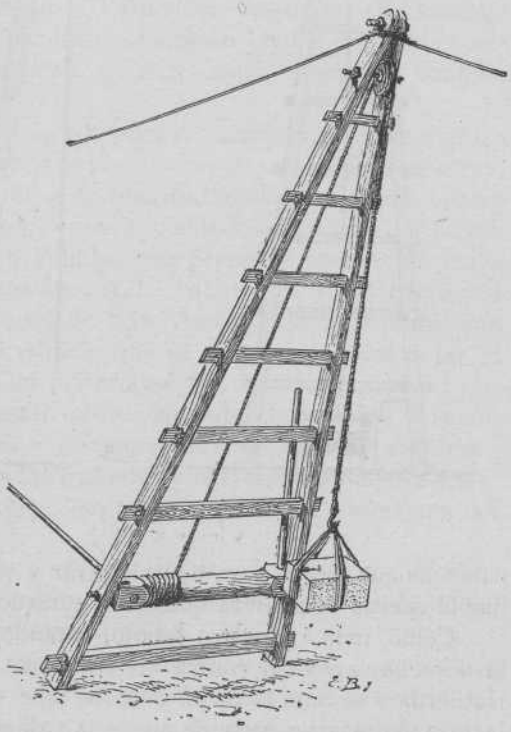
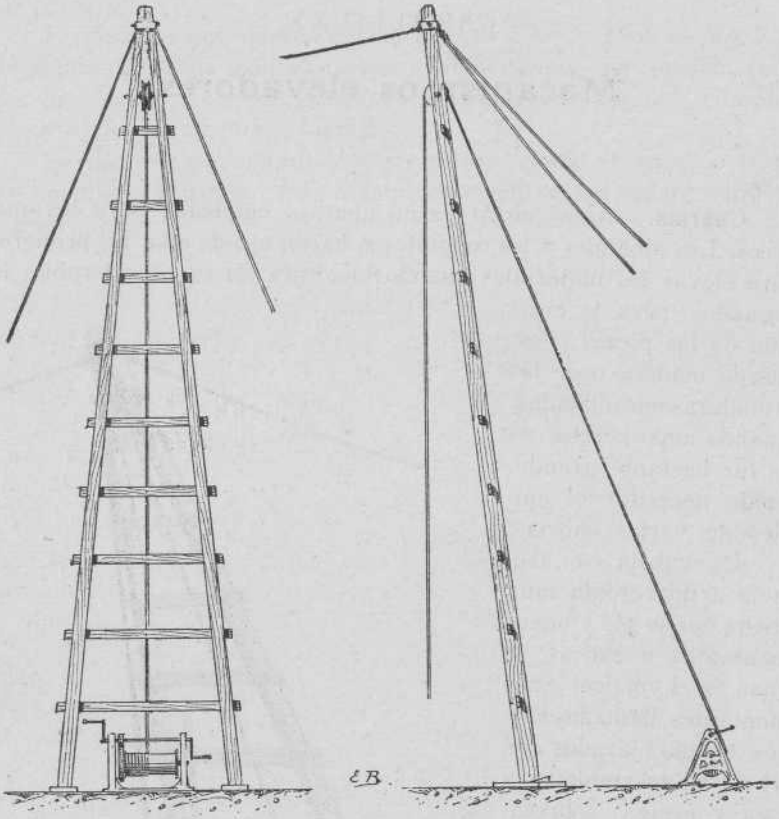


Fig. 1969. — Cabria.

La cabria se asemeja a una escala muy ancha por su pie y cuyos montantes o zancas se unen en el vértice; estos montantes, llamados *brazos,* están enlazados con traviesas ensambladas a caja y espiga, sobresaliendo éstas, que se sujetan con clavijas. Los brazos reciben por abajo los gorrones de un tambor de torno, al cual se arrolla la cuerda que pasa en la parte superior por la garganta de una polea que gira sobre un eje de hierro que atraviesa los montantes y lleva una chaveta por cada lado. La cuerda, provista de un gancho en su extremo, se prolonga hacia abajo para alcanzar el objeto que debe levantar (fig. 1969). Para que sea posible la ascen-

sión del fardo, la cabria se pone inclinada y amarrada a cierta distancia por una cuerda o cable atado al vértice y a un piquete clavado en tierra o a cualquier otro objeto que proporcione una fijación resistente.

El tambor cilíndrico lleva en sus extremidades dos partes de sección cuadrada y provistas de agujeros para introducir en ellos las



Figs. 1970 y 1971. – Cabria.

palancas que sirven para hacerle girar y por consiguiente para enrollar la cuerda de manera que eleve el fardo.

Como indica nuestro dibujo, estando en reposo la palanca de la derecha, apoyada contra las traviesas, se saca la palanca de la izquierda y se baja la de la derecha que se mantiene más baja que la horizontal y se mete de nuevo la palanca de la izquierda verticalmente para bajarla en seguida y verificar la misma maniobra con la palanca de la derecha. Hacen falta dos obreros para manejar una cabria, puesto que debe mantenerse abatida una de las palancas mientras el otro hombre retira la suya y la introduce de nuevo verticalmente.

En esta posición vertical, apoyada contra las traviesas, una palanca basta para inmovilizar el fardo a la altura deseada, de donde se le empuja para depositarlo en su sitio.

Algunas veces se sustituye el amarre de la cabria por un tornapunta inclinado situado delante y sujeto al vértice, formando así una *cabria de tres pies*.

Para las cabrias de gran altura, que por lo demás se construyen como la precedente, se emplea con preferencia el torno mecánico situado a cierta distancia, como muestran nuestras figuras 1970 y 1971.

La elección del torno tiene cierta importancia. Con el torno de trinquete puede ocurrir que, si este trinquete se vuelve, el peso vuelve a descender bruscamente al soltar las manivelas, y como éstas giran a gran velocidad, pueden causar graves accidentes. Es posible evitar este peligro escogiendo con preferencia un torno provisto de freno automático.

Castilletes y montacargas. — Para elevar los materiales hasta la altura donde deben ser utilizados, se emplean en las construcciones de cierta importancia *castilletes* de carpintería, llamados también *montacargas*.

Estas torres o castilletes se componen de cuatro grandes montantes de madera o también de distintas piezas empalmadas unas con otras, cuando no se dispone de madera de longitud suficiente. Estos cuatro pies derechos están enlazados entre sí por todas sus caras por medio de traviesas sólidamente atornilladas con pernos y en tres de estas caras, los rectángulos formados por los montantes y las traviesas, están arriostrados por cruces de San Andrés. Se deja libre una cara, que es la que mira al edificio que se construye, para dejar el paso libre a los obreros y a los materiales (fig. 1972).

Los cuatro montantes están profundamente clavados en el suelo, empotrados en mampostería y distantes entre sí de 3 m. a 4,50 m., según la altura del castillete; las traviesas van espaciadas de 3 a 4 metros y el conjunto se eleva unos 3 m. por encima de la coronación del muro que haya de levantarse.

En nuestro dibujo hemos contraído la altura a fin de poder dibujar este ejemplo a mayor escala; es fácil restablecer la verdad añadiendo las traviesas y las aspas suprimidas.

En la parte superior se colocan dos fuertes traviesas gemelas que llevan las poleas, una de las cuales tiene su garganta en el centro del castillete y la segunda fuera de la vertical del torno. Hemos figurado un torno de manivela, pero habremos de decir que en ciertas construcciones importantes puede accionarse el torno por una locomóvil de vapor.

Cuando se trata de elevar piedras de talla, se levantan por medio de cuerdas, protegidas con paja las esquinas, como indica nuestro

dibujo; si los materiales son de pequeñas dimensiones, como morrillos, ladrillos, etc., se amontonan en cajones o espuertas.

Se emplea también otro sistema (figura 1973) para elevar materiales, artesas o cubos de yeso o mortero,

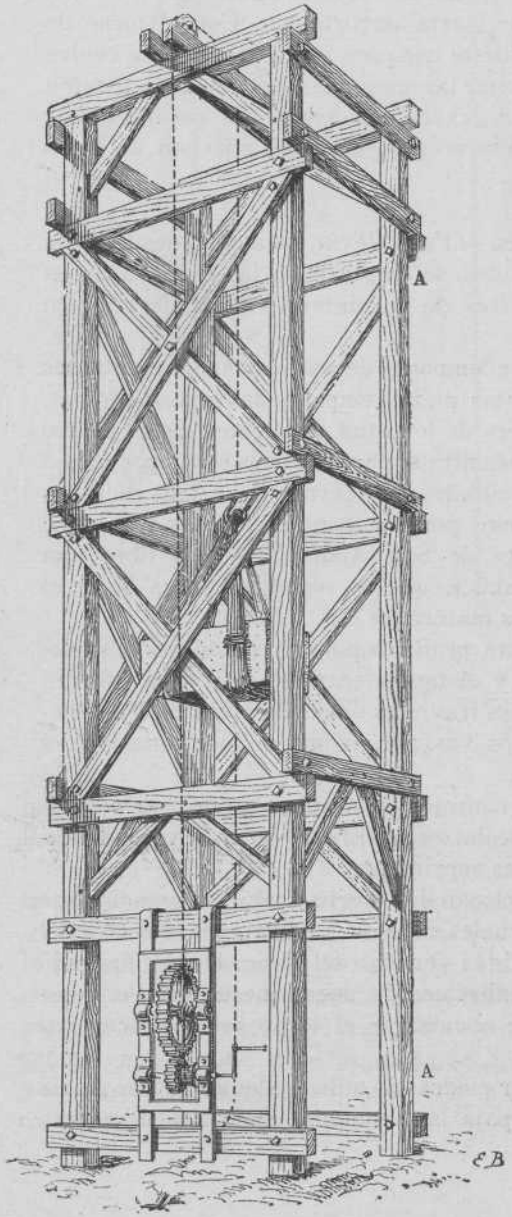


Fig. 1972. — Castillete.

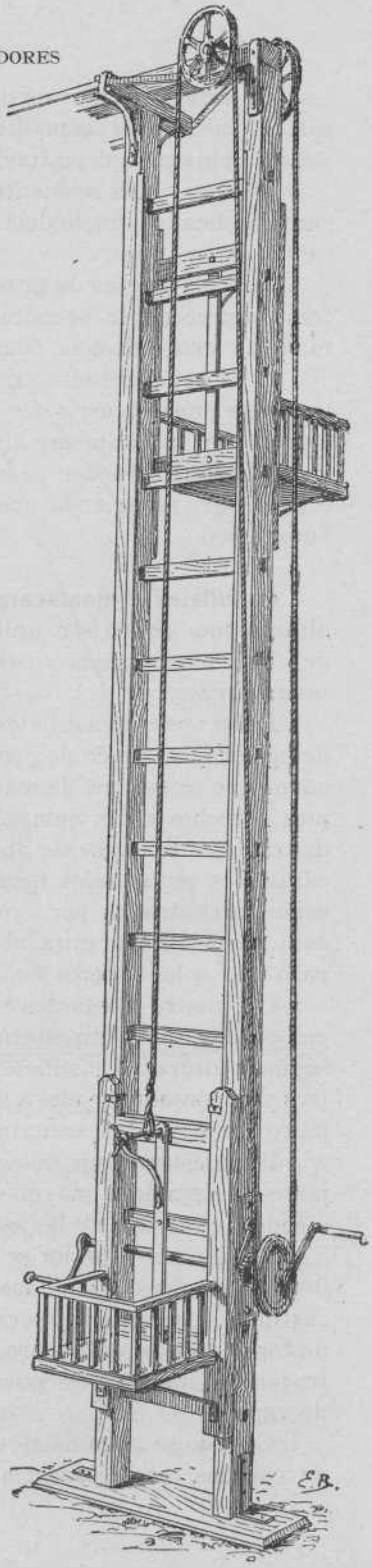
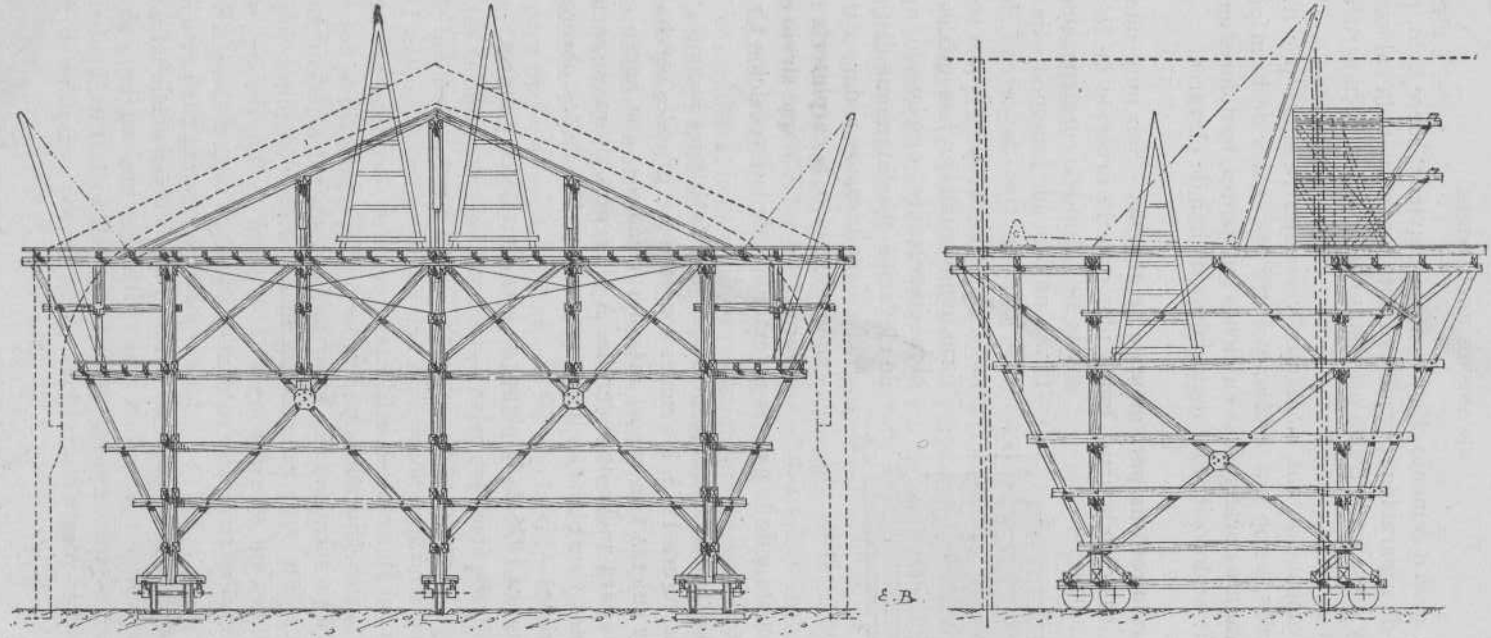


Fig. 1973. - Montacargas.



Figs. 1974 y 1975. – Dispositivo para montaje de cerchas.

sacos de yeso o cemento. Este aparato conviene, sobre todo, para los trabajos de reparación, porque necesita tener sujeta la cabeza a algo estable y no se encontraría este punto de apoyo si la construcción no existiera.

Se compone de dos montantes verticales reunidos por traviesas horizontales, como una escala, y entre los cuales deslizan por cada lado en ranuras practicadas en dichos montantes, bastidores enrejados en los que se depositan los materiales que han de elevarse.

Aparejo rodante para montaje de cerchas.—Son muy numerosas las especies de andamiajes empleados para la erección de las armaduras de grandes construcciones. Su forma no depende fatalmente de su destino para un tipo de cercha determinado, pues no es raro ver dos constructores que montan cerchas iguales en una obra importante, empleando aparatos de elevación absolutamente distintos.

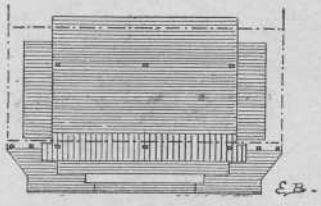


Fig. 1976. — Planta.

Nos limitaremos a dar, a título de simple indicación, la carpintería rodante (figuras 1974 y 1975) que sirvió en 1878 para el montaje de la galería de máquinas de la Exposición Universal de París.

Esta estructura está formada por tres caballetes rodantes, que se ven en la figura 1975, los cuales soportan dos grandes cerchas trianguladas y sujetas con cepos, más dos voladizos, que hacen en total 35 metros para ancho de la cercha. A diferentes alturas se encuentran plataformas y un plano inclinado para el servicio de los obreros y de los materiales.

La figura 1976 da la planta de esta obra de carpintería.

CAPÍTULO XXI

Cimbras

Generalidades. — Se llaman *cimbras* las obras de carpintería que se emplean para sostener los arcos durante su construcción hasta la colocación de la clave que cierra el vano, o como apeos para reparar o demoler con prudencia mamposterías adoveladas.

Son verdaderas cerchas sometidas a esfuerzos considerables, que sostienen las mamposterías de las bóvedas y de los arcos de puentes hasta su completa terminación.

Están compuestas de cerchas que tienen exactamente, en el trasdós de la *cubierta* o tablero cilíndrico, la forma del intradós de los arcos o bóvedas durante el trabajo, porque al descimbrar habrá siempre un cierto asiento de la fábrica que hará bajar un poco el arco. Se llama forro, cubierta, enlistonado o revestimiento de una cimbra a las piezas de madera horizontales que se apoyan entre dos cuchillos consecutivos y paralelos.

Esta distancia entre cerchas puede variar con el peso de las mamposterías que deben soportar, la resistencia de estas cerchas y la de las tablas que las forran. No puede darse, por tanto, ninguna regla precisa para fijar este espaciamiento de las cerchas. Invitamos, pues, a nuestros lectores a determinar por el cálculo la escuadría que debe darse a las entibaciones, limitándonos a decir que en la práctica la distancia de las cerchas varía de 1,5 a 2 metros. Por lo demás, para establecer el cálculo hay que tomar una separación arbitraria que puede obtenerse considerando primeramente la resistencia de las tablas de forro de que se disponga, porque siendo conocida una carga, es fácil darse cuenta de la luz que podrán tener las cubiertas o forros, y se tendrá por tanto la separación de las cerchas cuyo trabajo resulta conocido, puesto que es igual a la carga sobre la luz entera de los forros. No quedará sino dar a los elementos de la cercha las secciones convenientes para garantizar la seguridad.

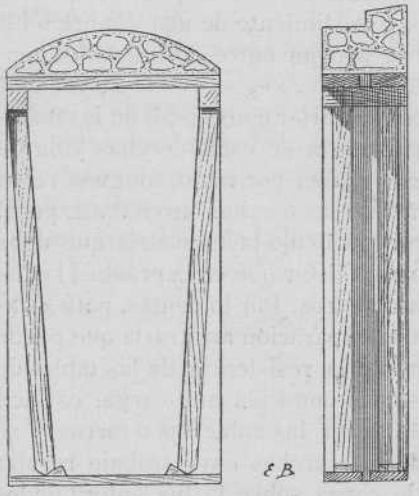
Para la ejecución de las cimbras se emplea generalmente la madera de pino, aunque en ciertos casos en que se requiere una gran solidez o donde el trabajo de la madera es perpendicular a las fibras, o puede deteriorarse por el agua, sería conveniente emplear otra

madera, como la encina. Pero las consideraciones económicas son aquí de gran importancia.

Del mismo modo que en los andamios, es interesante no emplear para las cimbras más que ensamblajes muy sencillos, que interesen lo menos posible la sección de las maderas y no las deterioren, para poder utilizarlas en lo posible en otros trabajos análogos o con diferente destino.

Según la naturaleza de los materiales empleados en la construcción de los arcos y las bóvedas, las duelas del forro pueden ponerse bastante separadas, más o menos próximas, o a tope, si es preciso. Cuando se trata de bóvedas de sillería, se pone una tabla debajo de cada dovela; si la bóveda es de pequeños materiales, se aproximan las tablas hasta unirlas, en el caso de que, por ejemplo, se desee obtener inmediatamente un enlucido o moldear un arco de cemento. Se recubre entonces la cubierta con papel o cartón y se ejecuta la fábrica sobre un lecho de mortero, donde se va comprimiendo el cemento por capas sucesivas. Esto puede bastar muchas veces para evitar un enlucido costoso.

Las cimbras, como todas las obras de carpintería, deben ser fijas, rígidas, bien arriostradas para evitar todo movimiento en sentido longitudinal, y establecerse de manera que puedan bajarse gradualmente, con lentitud, sin choques ni sacudidas. Esta última condición será examinada desde el punto de vista de los medios que se emplean para ello, cuando hablemos del *descimbrado*.

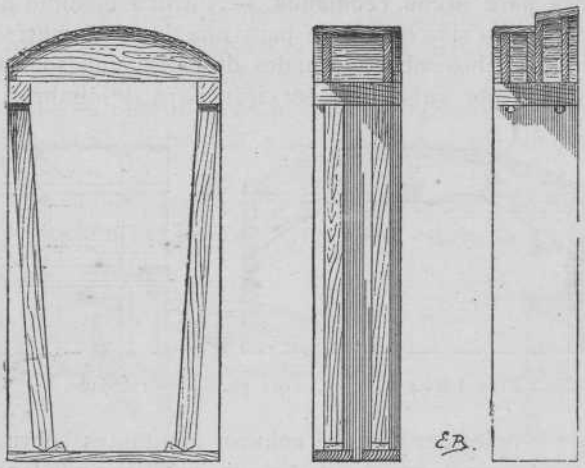


Figs. 1977 y 1978. — Cimbras para huecos.

Cimbras para huecos en arco. — Cuando se quiere cerrar en arco un hueco en un muro, una vez llegados los pies derechos a la altura de los arranques, puede procederse de diferentes maneras: la primera, que representamos en las figuras 1977 y 1978, es seguramente la más sencilla y se emplea frecuentemente en los trabajos de cimentación, en los que únicamente se da al suelo la forma de una cimbra de determinado radio y sobre este arco se dispone la mampostería.

Cuando se trata de un hueco de puerta o ventana, se ponen puntales ligeramente inclinados, apoyados en una solera y calzados y se pone un cabecero en la parte superior. Sobre éste se colocan dos o

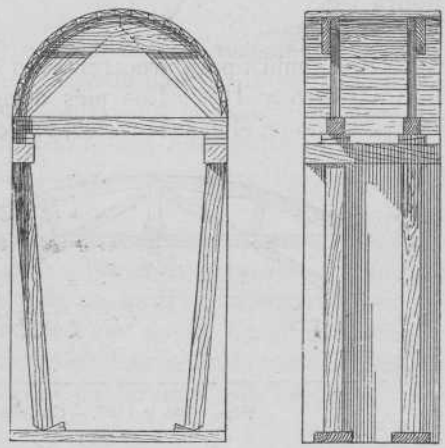
tres traviesas, según las maderas de que se disponga, se forma la cimbra por medio de una mampostería de cascotes y yeso, o piedra y mortero, y sólo falta ejecutar el arco.



Figs. 1979 a 1981. — Cimbras para huecos.

Otro procedimiento consiste en apuntalar como anteriormente y reemplazar las traviesas por tablas recortadas según el arco deseado y sobre las cuales se colocan tablas cortas de forro, bastante semejantes a las duelas de un tonel (figs. 1979 a 1981).

La figura 1980 presenta un corte vertical hecho por el eje del hueco. Con la figura 1981 indicamos una variante en la que se han suprimido los puntales y se han reemplazado por canecillos de hierro que se meten en agujeros abiertos al efecto. Como el cabecero se apoya en el empotramiento de estos soportes, su trabajo es mínimo y pueden hacerse de hierro redondo de 20 a 25 mm. de diámetro.



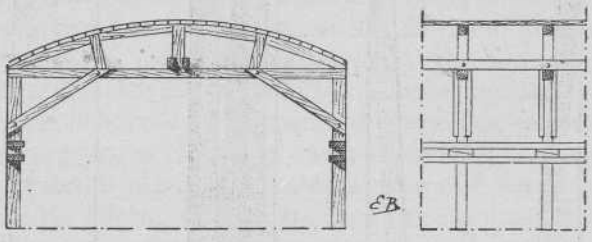
Figs. 1982 y 1983. — Cimbras para huecos.

Si el arco es muy pronunciado, de medio punto por ejemplo, pueden formarse las cimbras con tres tablas o plantillas, cortadas según la curva del arco y clavadas unas a otras (figs. 1982 y 1983).

En este ejemplo hemos conservado los puntales, pero si la luz no

es muy grande, se puede emplear el apoyo por canecillos de hierro, que acabamos de ver.

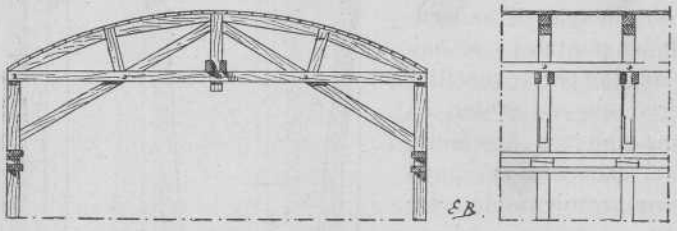
Cimbras para arcos rebajados. — Nuestro ejemplo de las figuras 1984 y 1985 ha sido estudiado para una luz de 6 metros. Se compone de pies derechos sobre los cuales descansa una solera separada de una segunda por cuñas que servirán para descimbrar. Vertical-



Figs. 1984 y 1985. — Cimbra para arco rebajado.

mente sobre los pies derechos se colocan montantes sobre los cuales se apoya una traviesa, especie de tirante, que tiene una longitud igual a la abertura y que está sostenida por tornapuntas ensamblados al pie de los montantes. Sobre el pendolón y tornapuntas se apoyan pares quebrados que soportan el enlistonado del forro. En el sentido longitudinal, están las cerchas unidas por cepos, como se ve en el corte transversal de la figura 1984 y sobre el corte en sentido longitudinal, figura 1985.

Otra cimbra para arco rebajado de 7,40 m. de luz se da en las figuras 1986 y 1987. Los pies derechos montados sobre soleras y cuñas, como en el caso anterior, van enlazados con cepos por las cabe-



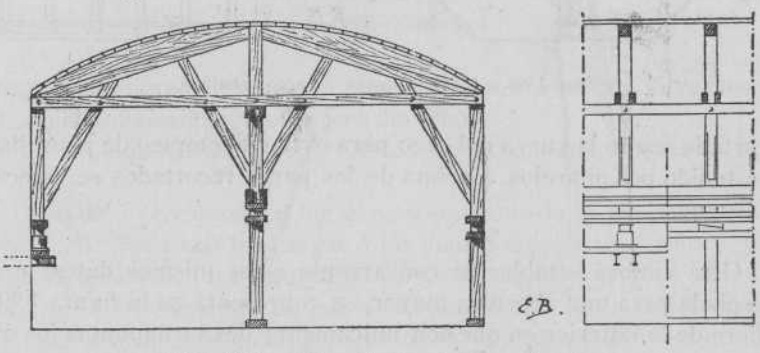
Figs. 1986 y 1987. — Cimbra para arco rebajado.

zas, aprisionando al mismo tiempo el pendolón y los tornapuntas; éstos van ensamblados al pie del montante a caja, espiga y espera. Los tornapuntas que sostienen el par quebrado se apoyan sobre los grandes y por una entalladura en los cepos.

Los cepos longitudinales insisten sobre los transversales como muestra la figura 1987, sección longitudinal.

Cuando la carga que ha de soportar la cimbra es muy considerable, precisa algunas veces reducir la luz añadiendo un punto de apoyo en medio. Es el caso de la cimbra que representamos en las figuras 1988 y 1989. Los pies derechos, montados como en los ejemplos anteriores, van encepados a la altura de arranques y estos cepos afianzan los cuatro tornapuntas que alivian los pares. Sobre estos últimos se colocan plantillas de madera cortadas en curva según el radio que ha de llevar el arco, y sobre la curva se ponen los listones del forro o mantón.

El poste central, interrumpido para dejar paso a las soleras entre las cuales se encuentran las cuñas, necesita, como se ve, ser arriostrado. En el sentido transversal se fijan los dos tornapuntas que se ensamblan con él, según se ve en nuestro dibujo (fig. 1988); pero en el sentido longitudinal hay que prever un posible choque con tendencia a volcarle. Para esto, se han establecido dos hiladas de cepos escopleados, y aconsejamos, además, poner aspas entre los dos pares de cepos.



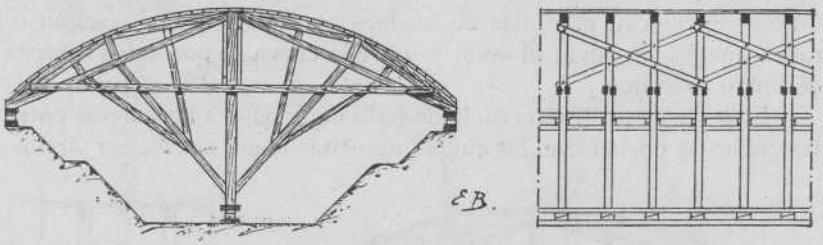
Figs. 1988 y 1989. — Cimbra de arco rebajado.

A la izquierda del dibujo hemos indicado el pie derecho descansando en un canecillo. Se hace esto a veces ya para evitar a un pie derecho una permanencia prolongada en un terreno húmedo o en el agua, o ya por cualquier otro motivo que pueda hacer indispensable esta precaución. El procedimiento de descimbrado indicado sobre el canecillo es la *caja de arena* de que hablaremos más adelante.

Si hay motivos para referir hacia el centro la mayor parte de las cargas, puede emplearse la estructura de cimbra representada en las figuras 1990 y 1991, en la que casi todos los esfuerzos se transmiten al poste central.

Cimentado el punto de apoyo principal como consecuencia del peso que tiene que soportar, se ponen las soleras y las cuñas, o las cajas de arena, según el sistema de descimbrado que quiera emplearse; después

se coloca el pie derecho principal mantenido por dos puntales, que son como pares en cierto modo, y descansan sobre las soleras laterales; otros tornapuntas secundarios se apoyan en el pie derecho y van a aliviar a los primeros. Todas estas piezas van cogidas entre cepos, situados un poco más arriba del arranque, y soportan el par quebrado



Figs. 1990 y 1991. — Cimbra de arco rebajado.

recortado según la curva del arco para evitar el empleo de plantillas, y sostenido por pilarejos. Encima de los pares recortados se colocan los listones.

Otra cimbra establecida con arreglo a los mismos datos, pero apropiada para una abertura mayor, se representa en la figura 1992. Difiere de la anterior en que son únicamente dos tornapuntas los que van a encontrar a los dos que se ensamblan a la cabeza del poste y,

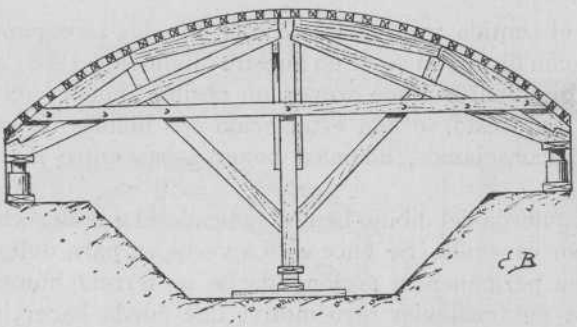


Fig. 1992. — Cimbra de arco rebajado.

por intermedio de los pilarejos, sostienen las plantillas que hacen de pares quebrados y dan la forma curva.

Como se ve en la sección longitudinal, figura 1991, un arriostramiento de aspas asegura la estabilidad en el sentido de la longitud. (Esta figura sirve para las dos cimbras.)

Cuando es una condición absoluta no crear ningún obstáculo en medio de la abertura y, no obstante, es indispensable acortar la luz

teniendo en cuenta el peso, puede emplearse el sistema de cimbra representado en la figura 1993, que comprende dos filas de puntales verticales. Estos pies derechos van cogidos con cepos a dos distintas

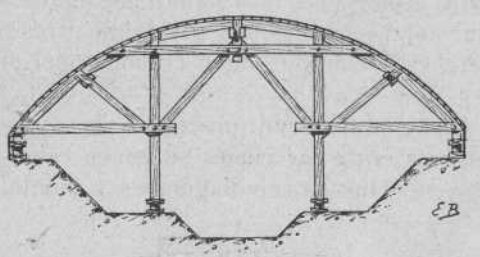


Fig. 1993. — Cimbra.

alturas y las juntas de los pares-plantillas se verifican con tornapuntas cuyos pies se ensamblan a los pies derechos.

Tres hiladas de cepos longitudinales enlazan entre sí los formeros.

Caso de no encontrarse lugar para un punto de apoyo intermedio, pueden referirse todas las cargas a los puntos de apoyo extremos, por medio de una armadura compuesta de un tirante, dos pares y un pendolón (fig. 1994), bajando los puntos de apoyo más abajo de los arranques para levantar los pares y ponerlos en mejores condiciones de trabajo. Estos pares hacen el papel de tirantes de dos pequeñas armaduras inclinadas formadas por un pequeño par superior y el resto por las

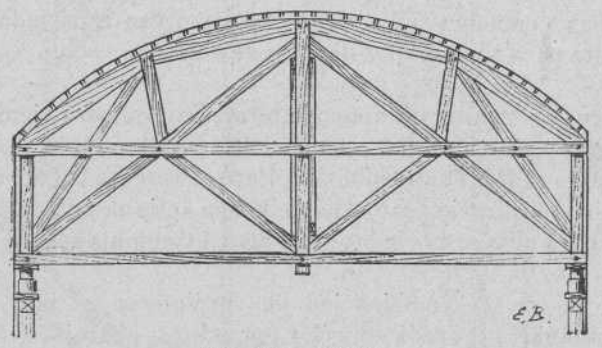


Fig. 1994. — Cimbra.

plantillas de en medio, que constituyen los otros pequeños pares; el pendolón de estas armaduras secundarias se apoya en el par-tirante. Las plantillas extremas van cogidas en el arranque entre cepos que atraviesan de un lado a otro, aprisionando todas las piezas, forman contratirante y se apoyan en pilarejos verticales ensamblados al tirante inferior.

Llegamos ahora a luces mayores para las cuales serán más frecuentes los puntos de apoyo intermedios.

La cimbra que damos en la figura 1995 conviene para aberturas de 15 a 18 metros. Comprende dos puntos de apoyo intermedios, es decir, que la luz total se encuentra dividida en tres tramos iguales; es una verdadera viga continua cuyo cordón superior afecta forma curva.

Como en las cimbras que preceden, los soportes son pies derechos con soleras entre las cuales se ponen cajas de arena y la cercha-viga está estructurada con diagonales y montantes; el arriostramiento se efectúa con cepos y larguerillos en el sentido longitudinal y es prudente disponerlos de manera que formen una triangulación.

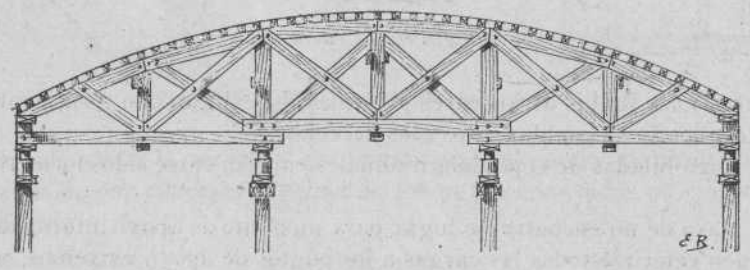


Fig. 1995. — Cimbra de puente.

Las piezas del cordón superior están curvadas para reemplazar las plantillas o camones, y las tablas del forro van espaciadas convenientemente para sostener las dovelas de sillería.

Con cuatro puntos de apoyo intermedios, nuestro ejemplo de la figura 1996 puede emplearse con una luz de 31 metros, habiéndose utilizado para el Pont-au-Double, en París. Presenta la particularidad de permitir la utilización provisional de una antigua pila de puente de dos arcos para apoyar la cimbra, que apoya y empuja solamente sobre estribos.

Como se ve, la combinación de carpintería es muy sencilla, estando sostenido el cordón superior por postes, pilarejos y tornapuntas que se apoyan sobre los montantes, siendo contrarrestado su empuje por codales cuando es preciso. Cepos longitudinales mantienen la separación de las armaduras.

Otra cimbra de puente, de una luz sensiblemente igual, es la representada en las figuras 1997 y 1998. Ha sido preciso dejar un paso en el centro para la pequeña navegación, y esto explica por qué no son equidistantes los postes.

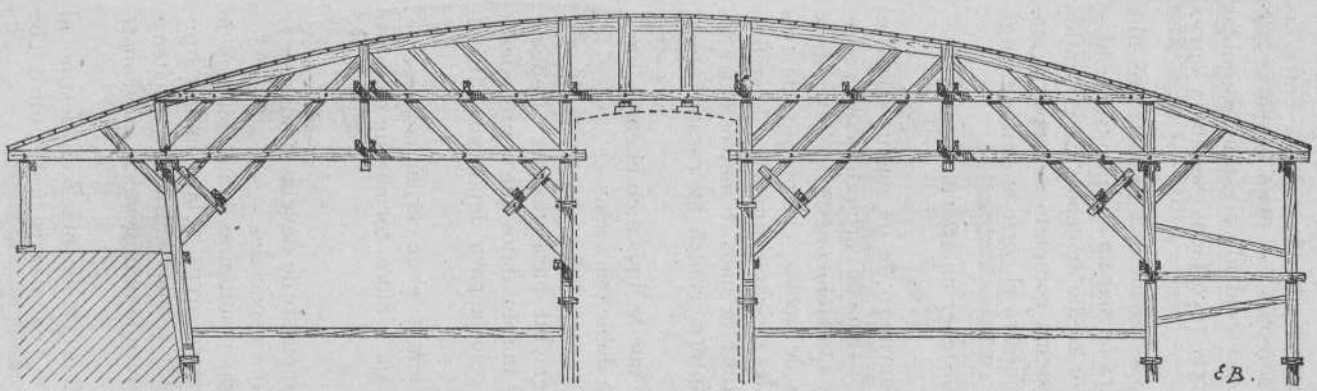
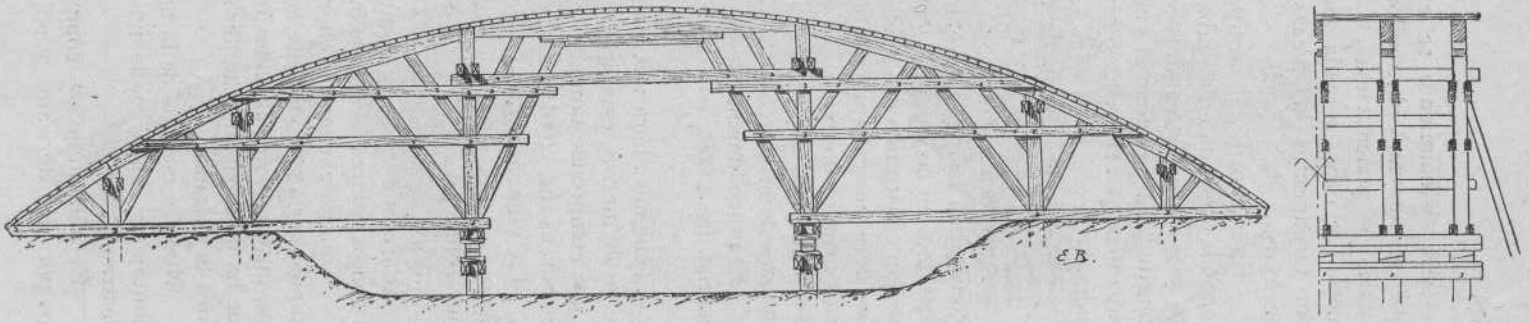


Fig. 1996. — Cimbra de puente.



Figs. 1997 y 1998. — Cimbra de puente.

El sostenimiento se efectúa por seis postes o pies derechos que se apoyan sobre pilotes por intermedio de soleras entre las cuales se ponen cuñas. Los pies derechos se unen entre sí por medio de cepos a cada lado del paso central, y están sostenidas por tornapuntas las piezas superiores, recortadas según la curva necesaria.

En el centro, la plantilla o camón se encuentra doblada por una sopanda apoyada en los jabalcones para formar un cuchillo trapecial, y los pies derechos están sostenidos por medio de cepos. En el sentido longitudinal, se opone al vuelco un sistema completo de cepos acompañado de puntales. La figura 1998 muestra el corte en sentido longitudinal.

Esta cimbra estaba destinada a sostener un arco de hormigón.

Para formar la cimbra del arco marinero de un puente sobre el Ródano, en Lyón, se ha empleado el sistema de carpintería que representamos en las figuras 1999 y 2000 y que tiene una luz de 30 metros. Se han constituído dos sólidos puntos de apoyo, compuestos de tres pies derechos cada uno, sobre los cuales descansa una viga de celosía que permite conservar una abertura libre de unos 18 metros entre los revestimientos que protegen la carpintería contra los rozamientos y choques de los barcos.

El procedimiento de descimbrado que se indica en el corte longitudinal (fig. 2000), es el de cremallera doble con cuñas.

Tenemos ahora una cimbra conveniente para una luz alrededor de los 40 metros, establecida sobre los mismos datos que la precedente y que comprende también la viga de celosía para dejar paso libre a los barcos (fig. 2001).

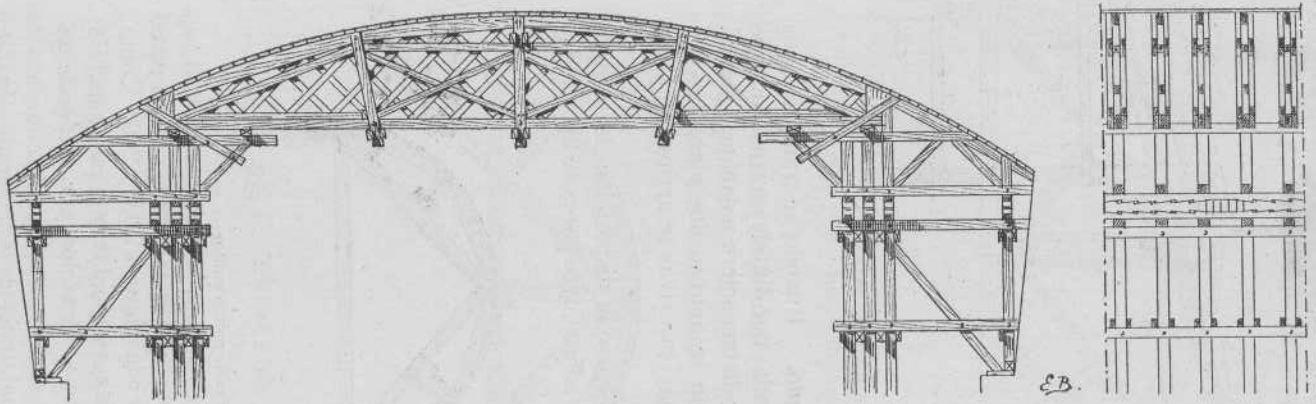
La viga participa de los dos sistemas: el de cercha con tirante, pares y pendolón, y el de viga de celosía. Unidos, forman un conjunto muy sólido.

Para montar un arco metálico compuesto de dovelas unidas entre sí con pasadores, se emplean andamiajes especiales.

Aquí no existen las enormes cargas resultantes de un volumen de mampostería considerable, sino solamente arcos, relativamente ligeros, que una vez colocados formarán por sí solos la osatura resistente que ha de soportar el tablero de madera o la mampostería que constituirá la calzada.

Nuestro ejemplo de la figura 2002 está concebido con destino al montaje de un arco de fundición que se enlazará a los otros con riostras.

El andamiaje se compone de dos planos inclinados soportados por pies derechos y por una cercha que une los dos postes del



Figs. 1999 y 2000. — Cimbra de puente.

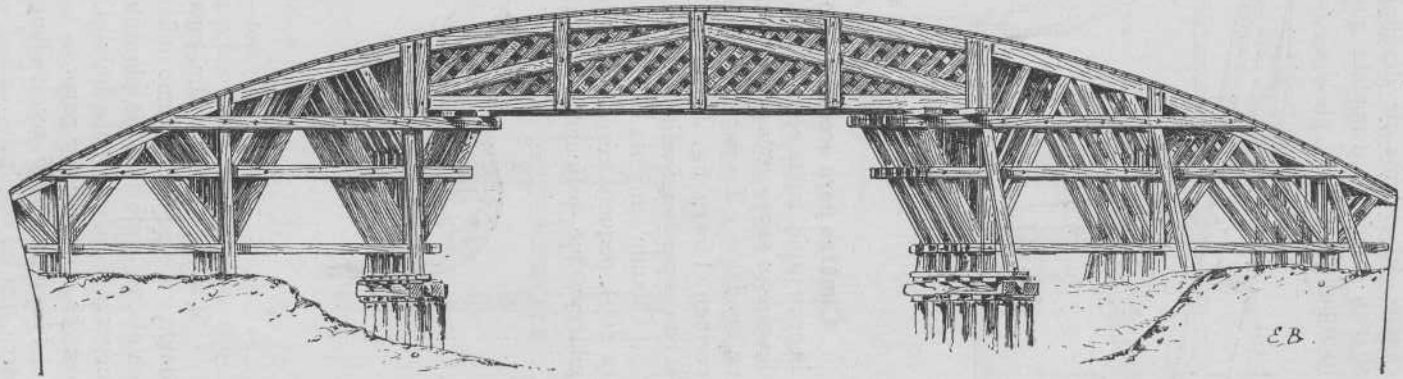


Fig. 2001. — Cimbra de puente.

centro. El sistema de descimbramiento consiste en pilarejos que se van colocando a medida que avanza el trabajo sobre los planos inclinados.

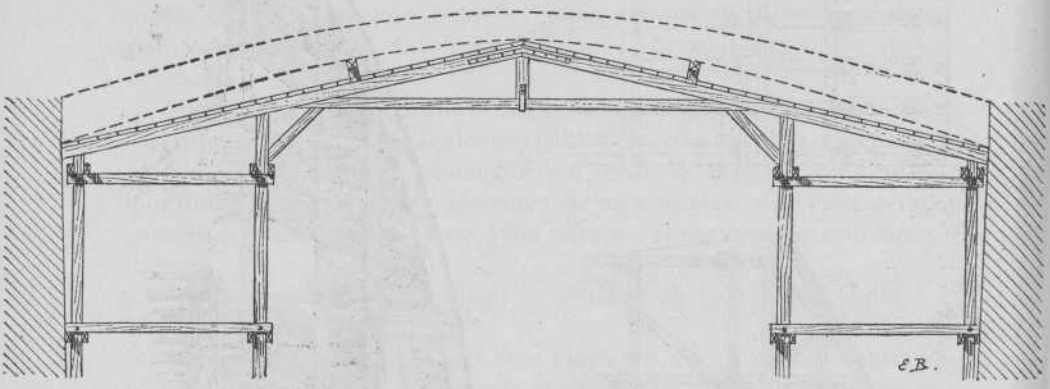
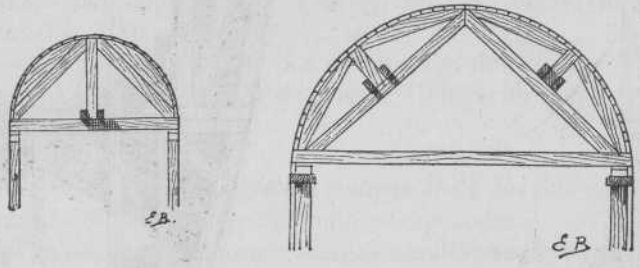


Fig. 2002. — Andamiaje para arco de fundición.

Cimbras para arcos de medio punto. — Cuando se trata de arcos de poco radio, basta con jambas coronadas por dinteles o traviesas que descansan sobre cuñas por intermedio de una solera o zapata; encima, un pendolón y dos pares sobre los que se apoyan dos plantillas que reciben el forro (fig. 2003). Las cerchas sucesivas se arriostran entre sí con cepos longitudinales.

Cuando aumenta la luz puede aplicarse la disposición de la figura 2004, pequeña cercha sin pendolón sobre cuyos pares se apoyan los pilarejos que sostienen las plantillas.

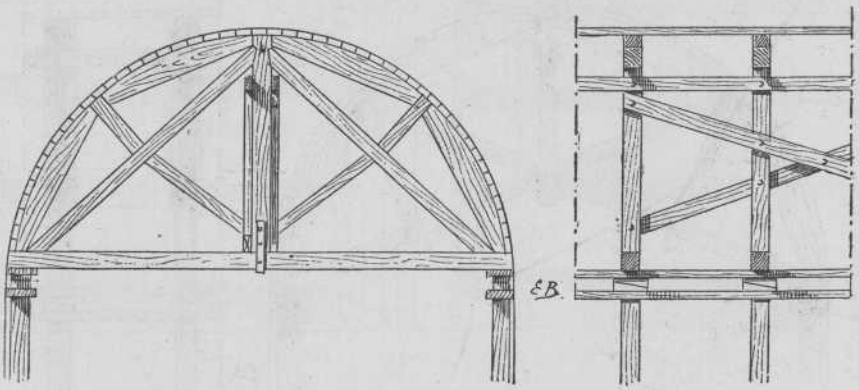


Figs. 2003 y 2004. — Cimbras de medio punto.

Si la luz es mayor aún, puede completarse la cercha con un pendolón y tornapuntas, como indicamos en las figuras 2005 y 2006. Como en el caso anterior, las plantillas están sostenidas por pilarejos. Es necesario en este caso unir el tirante al pendolón por medio de un estribo con talones y pernos.

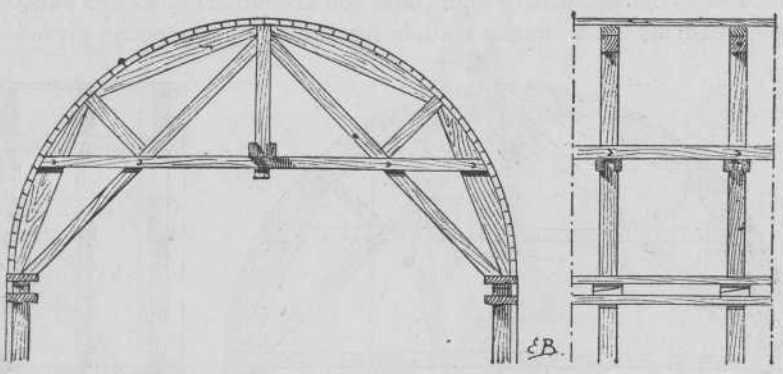
La figura 2006, sección longitudinal, muestra la triangulación que arriostra las cerchas.

Otra combinación de cercha se representa en las figuras 2007 y 2008, en la que el tirante se encuentra colocado más arriba de los arranques, pasando abajo los pares y descansando en la solera que va



Figs. 2005 y 2006. — Cimbra de una bóveda de medio punto.

sobre los aparatos de descimbrado. La cercha se compone, pues, de dos pares, un pendolón y un contratirante formado por dos cepos; y, sobre los pares, de dos pendolones, cuatro pares secundarios y plantillas

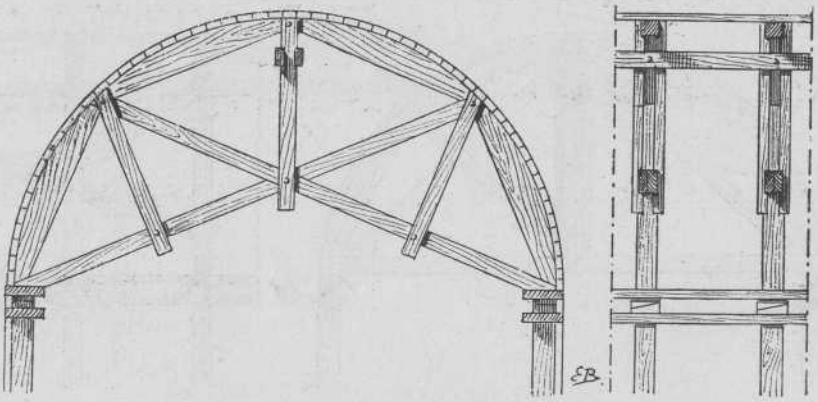


Figs. 2007 y 2008. — Cimbra de bóveda.

que descansan sobre estos últimos y soportan el enlistonado. Los sostenes verticales son idénticos a los que ya hemos examinado.

Las figuras 2009 y 2010 nos muestran otra combinación en la cual el pendolón está formado por dos cepos que aprisionan las dos piezas oblicuas escopleadas a media madera en su encuentro; otros pendolones secundarios, formados igualmente por cepos, constituyen con ayuda de las plantillas dos pequeñas cerchas secundarias.

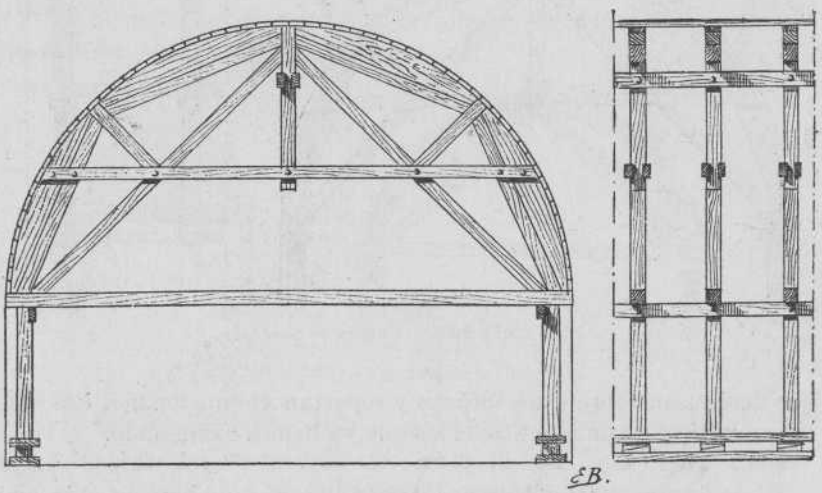
La figura 2010 representa la sección longitudinal y enseña los cepos que arriostran en el sentido de la longitud, así como las cuñas destinadas para el descimbramiento.



Figs. 2009 y 2010. — Cimbra para bóveda.

Nuestras figuras 2011 y 2012 dan un ejemplo del mismo género que el representado en la figura 2007, pero de mayor resistencia. Tiene, como piezas suplementarias, un tirante unido a los pies derechos y pares secundarios que doblan las plantillas.

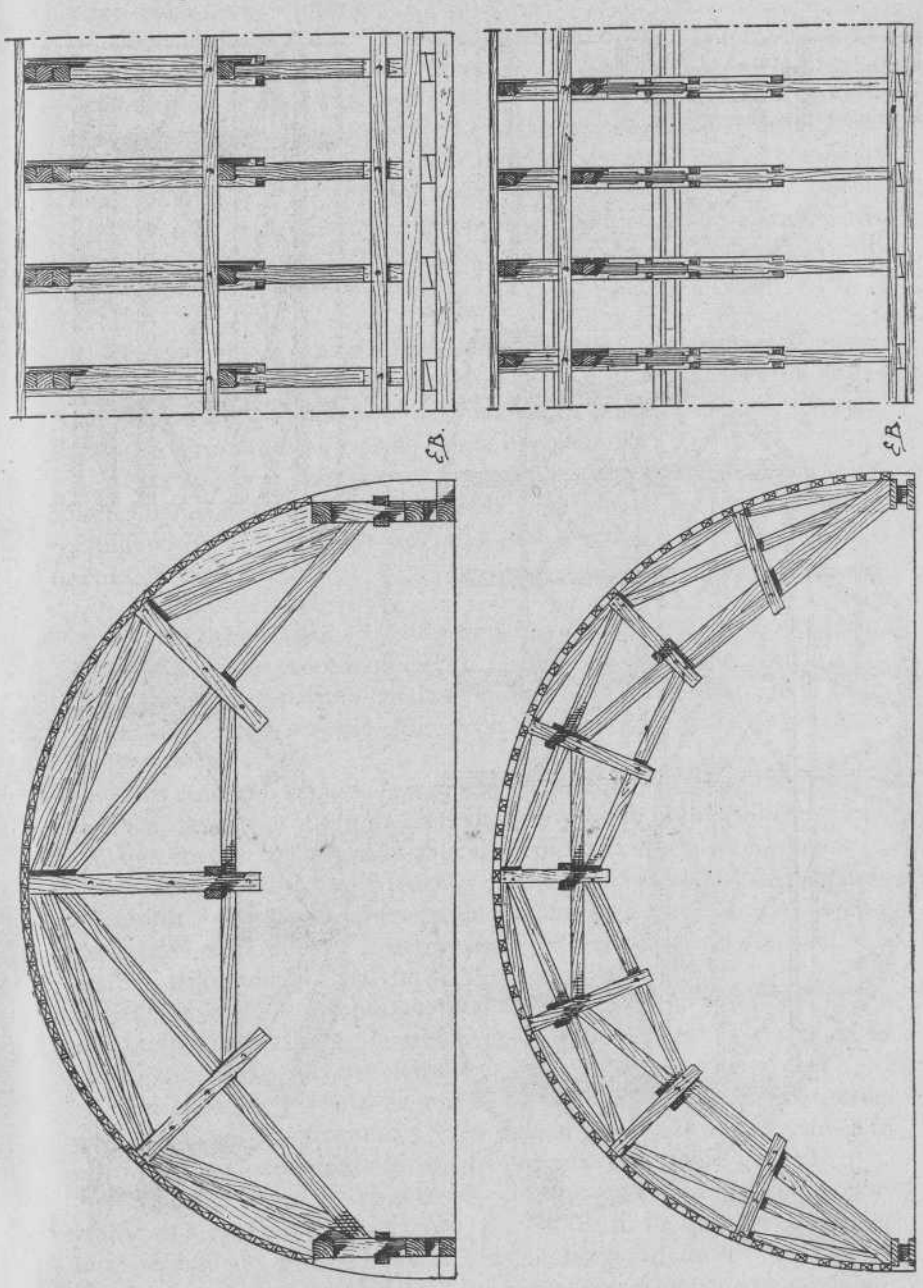
Por lo demás, ocurre aquí como con las cubiertas: es una cuestión de escuadrías. Una cimbra tratada ligeramente, con pocas piezas de



Figs. 2011 y 2012. — Cimbra para bóveda.

sección reducida, puede convenir también para cargas mucho más considerables, con sólo aumentar las dimensiones de la sección de las maderas.

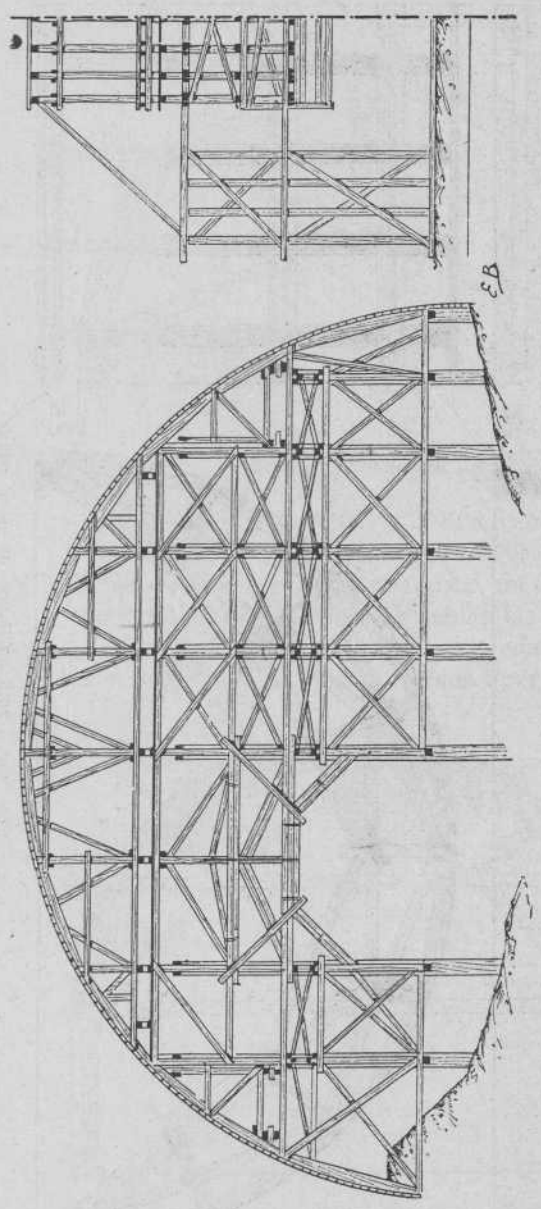
La figura 2012 es la sección longitudinal.



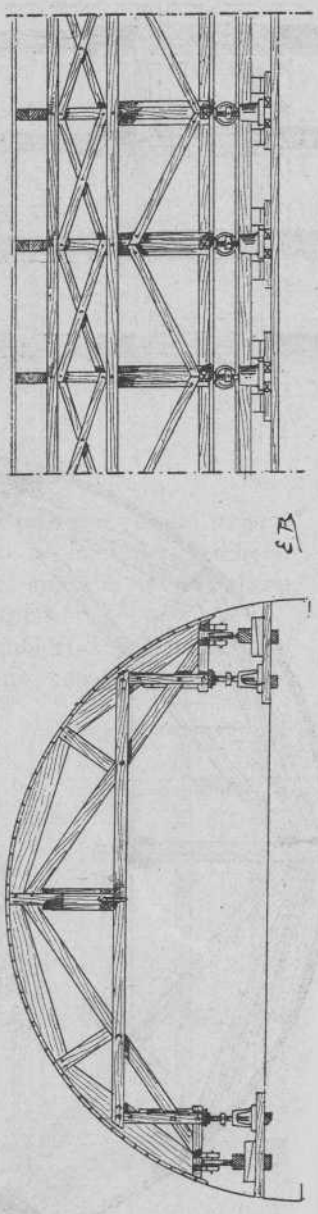
Figs. 2013 a 2016. — Cimbras de medio punto.

También se refuerza una cimbra doblando los pares secundarios, como indicamos en las figuras 2013 y 2014. Aquí el sistema es un poco

diferente: los dos pares ejercen empuje sobre los postes de apoyo, sos-



Figs. 2017 y 2018. — Cimbra de puente.



Figs. 2019 y 2020. — Cimbra rodante.

tienen cada uno una cercha secundaria y están arriostrados por un contratirante que resultaría comprimido en caso de asiento de los pendolones de las cerchas secundarias.

La sección longitudinal muestra los cepos que enlazan las cerchas y las cuñas de descimbrar.

En las figuras 2015 y 2016 se representa una cimbra que puede servir para una abertura de 14 a 15 metros. Como se ve, los miembros o cordones inferiores están formados por piezas que apoyan a tope unas en otras, lo mismo que dovelas, y forman un polígono. La parte superior forma, por decirlo así, nueve cerchas pequeñas que se combinan unas con otras para formar un todo resistente.

Los pies del conjunto de carpintería descansan en soleras, entre las cuales se ponen los aparatos de descimbrado. La figura 2016 es la sección longitudinal.

Para concluir con las cimbras en semicírculo, daremos la cimbra empleada en los trabajos del viaducto de Nogent-sur-Marne, en el que fué preciso reservar un paso para las barcas, como ocurre en todos los trabajos ejecutados en ríos de cierta importancia.

Este se sale ya de nuestro programa y debemos atenernos a las indicaciones de nuestras figuras 2017 y 2018. Una parte del corte longitudinal hecho por el eje del paso para pequeños barcos, se representa en la figura 2018.

Cimbras rodantes.—Con diferencia de pocos detalles, las cimbras que hemos visto precedentemente pueden hacerse móviles. La gran diferencia que presentan con las cimbras fijas reside sobre todo en el mecanismo, muy sencillo, que debe permitir bajarlas y desplazarlas fácilmente.

Las cimbras, reunidas en grupo y construídas tan rígidas como es posible, descansan sobre gatos de husillo y están montadas sobre ruedas que corren por un carril calzado con cuñas a la altura deseada.

Una vez terminado el trabajo que ha motivado la construcción de la cimbra, y verificado el fraguado de la mampostería, se principia a descalzar los carriles y a descender con lentitud y regularidad. La cimbra triangulada e indeformable, como se ve en las figuras 2019 y 2020, ha perdido el contacto con la mampostería y puede experimentar un movimiento de traslación horizontal que la conduzca al nuevo emplazamiento que debe ocupar para continuar la bóveda.

Entonces se levanta de nuevo el sistema con ayuda de gatos, accionados simultáneamente, y se calzan de nuevo los carriles a la altura que ocupaban para la construcción de la primera cimbra.

No sabemos si el empleo de cimbras rodantes puede proporcionar una economía importante, pero lo cierto es que deben causar una pérdida de tiempo, una detención temporal de los trabajos si no se quiere proceder al descimbrado más que después que las fábricas han hecho su fraguado, y que esto exige siempre un cierto lapso de tiempo.

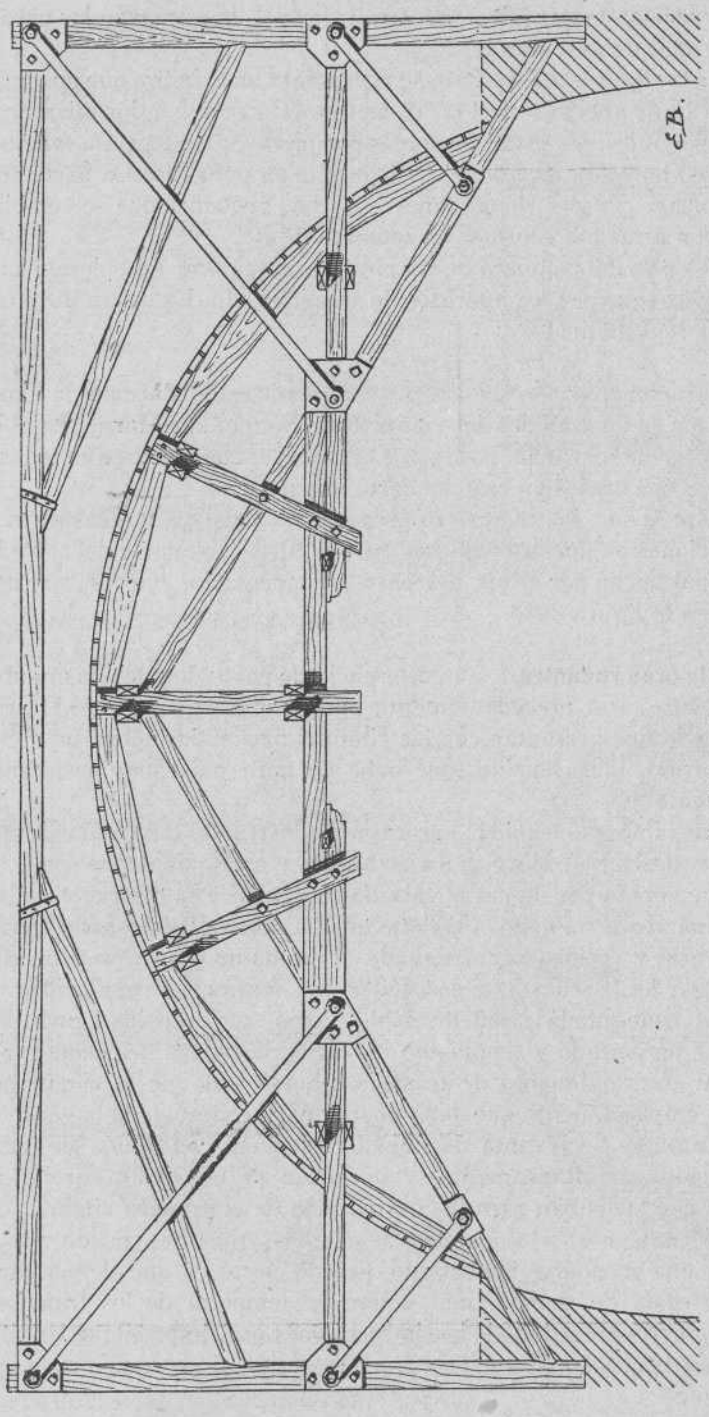


Fig. 2021. — Cimbra suspendida.

Cimbras suspendidas. — Los procedimientos que permiten suspender una cimbra son numerosos, pero muy excepcionalmente se recurre a ellos. Por esto nos limitaremos a dar un solo ejemplo en la figura 2021.

Este género de cimbra tiene el inconveniente de dejar en la mampostería los mechinales del paso de las piezas y crear en la parte exterior un obstáculo poco apropiado para la ejecución del trabajo.

Creemos inútil una descripción, pues el dibujo está hecho a una escala suficiente para ser fácilmente comprendido, y las partes metálicas, placas de ensamble o tirantes, se destacan netamente de las piezas de madera, no pudiendo existir confusión.

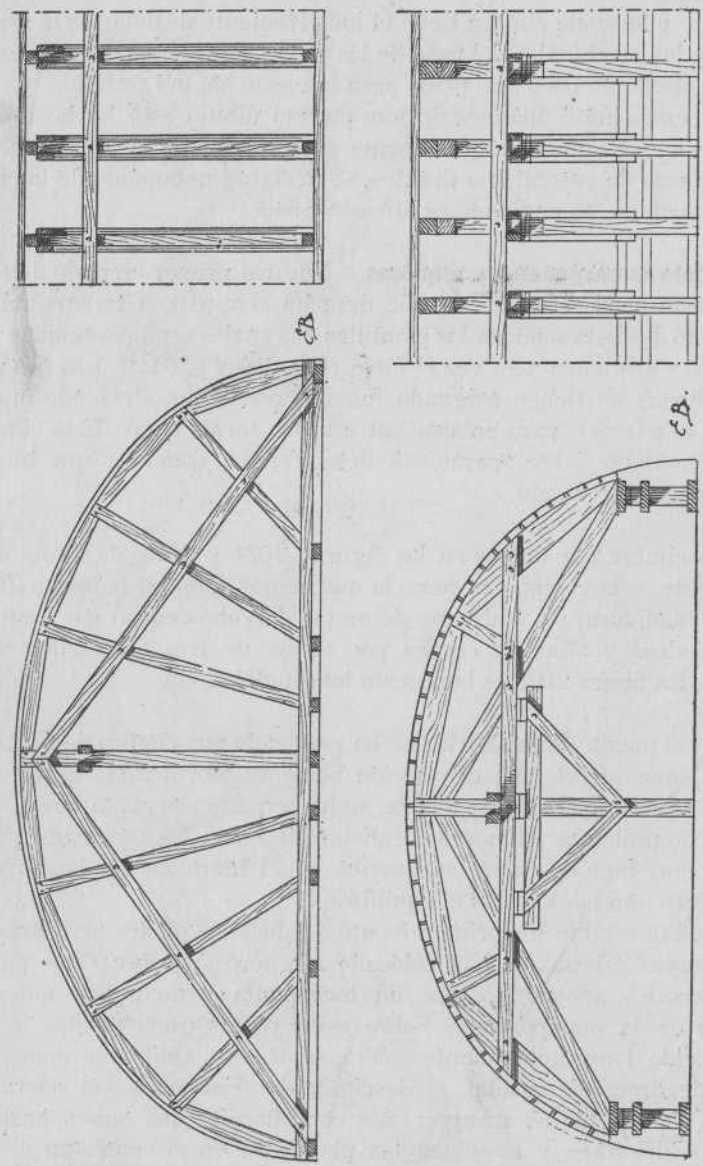
Cimbras carpaneles y elípticas.—Nuestro primer ejemplo de esta forma está compuesto por un pie derecho central con tornapuntas a cada lado desde la solera a las plantillas, las cuales están sostenidas por aquéllos y sostienen a su vez el forro (figs. 2022 y 2023). Las dos piezas oblicuas no tienen asignada función resistente, sirviendo únicamente, al parecer, para enlazar entre sí los tornapuntas. Esta cimbra puede montarse sobre aparatos de descimbrado, como las que hemos visto precedentemente.

La cimbra que damos en las figuras 2024 y 2025, de forma muy semejante, está compuesta como la que hemos dado en la figura 2007, con la añadidura, sin embargo, de un pie derecho central que sostiene una traviesa y alivia la cercha por medio de tres calzos de cuñas dobles. La figura 2025 es la sección longitudinal.

En el puente Saint-Michel se ha empleado una cimbra de 17,25 m. de luz, que ofrece una disposición bastante afortunada. Como este puente se ha construído de piedra, se ha pensado con razón que no era necesario prolongar el manto o enlistonado hasta los arranques y que podría muy bien detenerse más arriba, en el límite en que las dovelas conservan aún por sí solas el equilibrio.

Se han establecido primeramente dos filas de pilotes arriostrados, sobre cuyas cabezas se han colocado largueros y sobre éstos piezas transversales apoyadas sobre un tornapunta y un puntal que descansan en la mampostería. Sobre estas piezas transversales se han establecido longitudinalmente soleras entre las cuales se ponen las cajas de arena destinadas al descimbrado. Encima de las soleras se ponen nuevas piezas transversales con pilarejos que suben hasta el intradós del forro y sostienen las plantillas; en el centro un pendolón, y a cada lado tornapuntas ensamblados a los pilarejos (figs. 2026 y 2027). Un contratirante formado por cepos sujeta todas estas piezas y se opone a todo movimiento. Otros cepos longitudinales unen las cerchas, y las diagonales que se ven en la figura 2027 impiden el

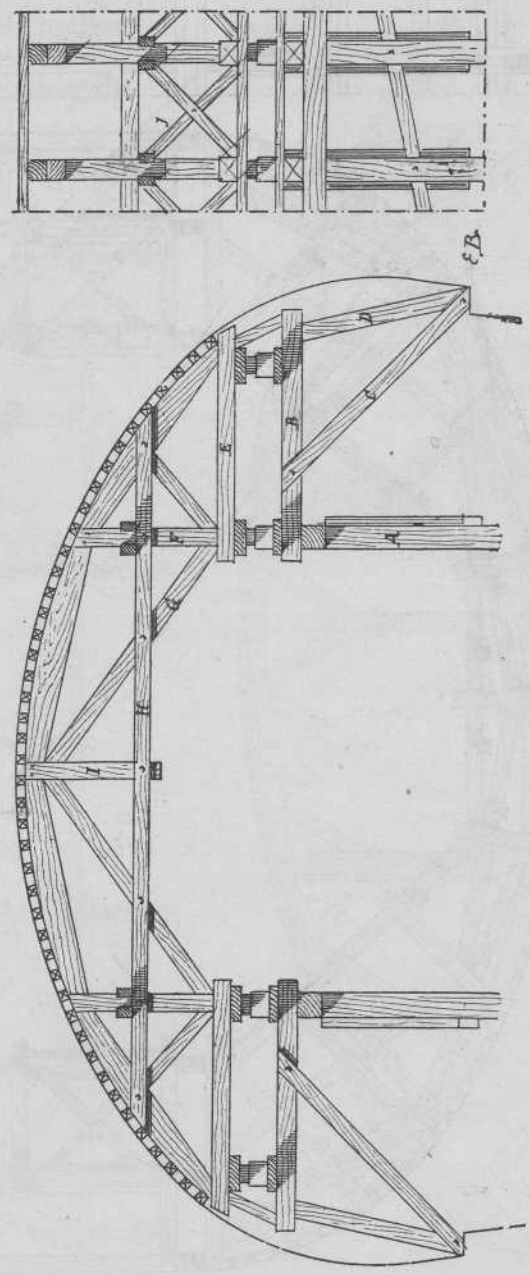
vuelco en el sentido longitudinal. La separación de las cerchas era de 2,05 m.



Figs. 2022 a 2025. – Cimbras carpaneles.

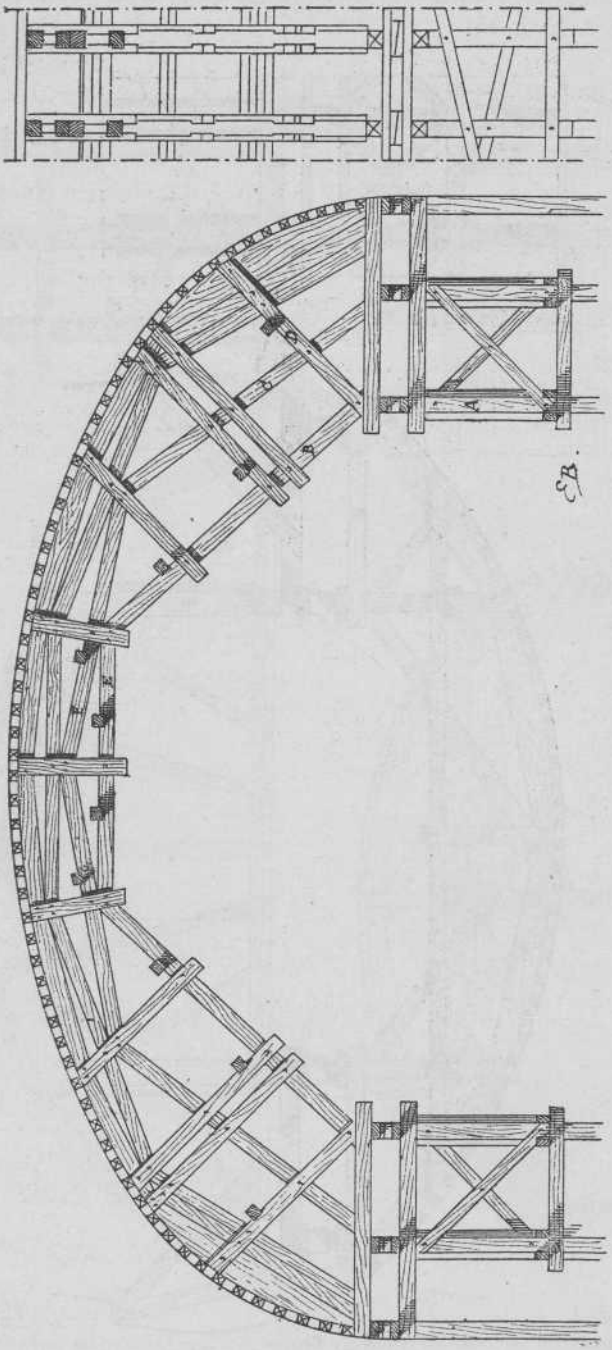
Daremos algunas indicaciones concernientes a la escuadría de las maderas: Las piezas *A*, 38 × 40 cm.; *B*, 34 × 36; *C*, 24 × 25;

D, 34 × 35; *E*, 35 × 35; *F*, 33 × 35; *G*, 23 × 32; *H*, cepos de 26 × 32; *I*, 25 × 29; *J*, 15 × 15.

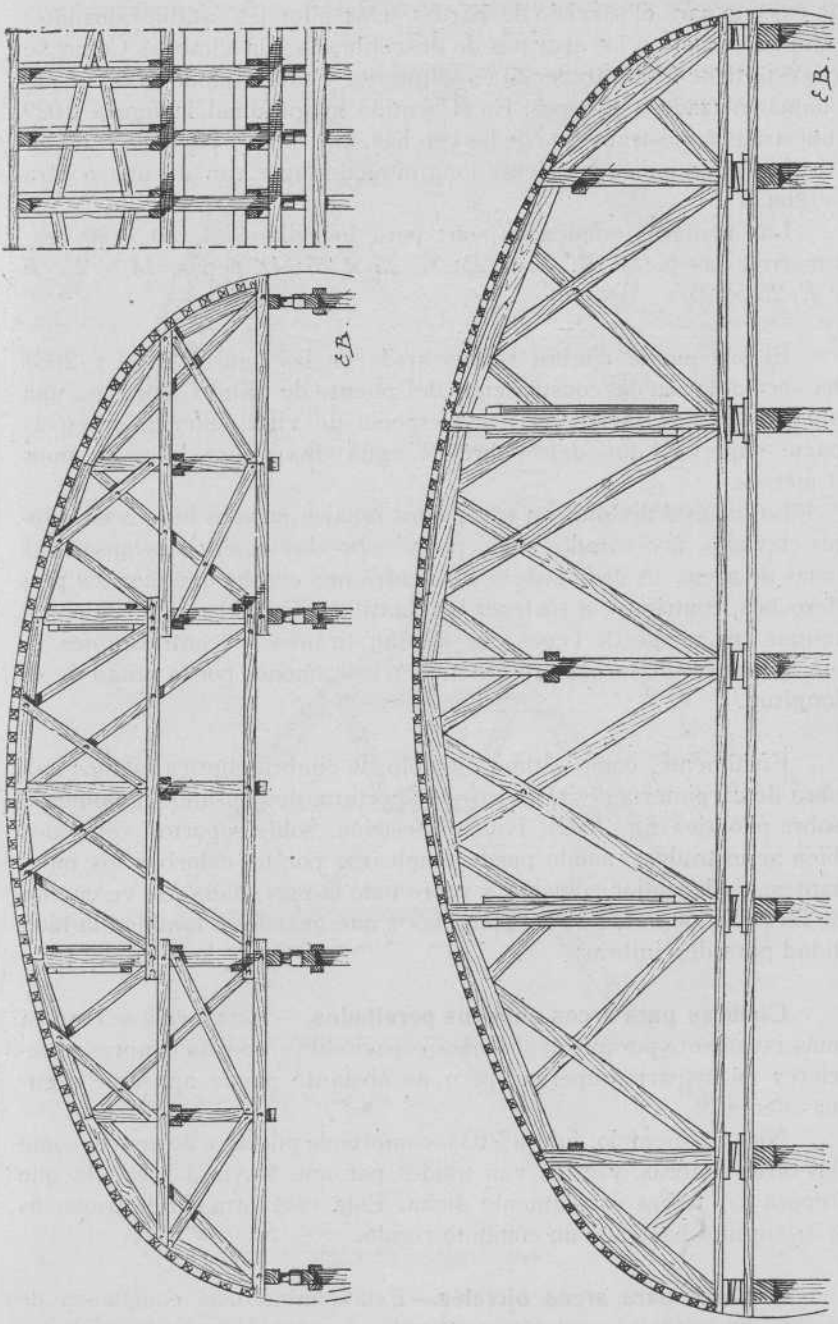


Figs. 2026 y 2027. — Cimbra carpanel.

En las figuras 2028 y 2029 se representa una cimbra empleada en



Figs. 2028 y 2029. — Cimbra carpanel.



Figs. 2030 a 2032. – Cimbras carpaneles.

la construcción del puente de Libourne. En el centro se ha reservado un espacio para el servicio de barcas. Dos pilotajes establecidos lateralmente soportan los aparatos de descimbrado y la cimbra. Como se ve, ésta tiene forma trapecial en el interior y está compuesta de tornapuntas enlazados por cepos. En el sentido longitudinal la figura 2029 muestra el arriostramiento de las cerchas, que están espaciadas 1,60 m. de eje a eje e indica las piezas longitudinales que van de una a otra cercha.

Las maderas empleadas son: para los pilotes *A*, 30 × 30 centímetros; las piezas *B*, 25 × 25; *C*, 25 × 25; *D*, cepos, 14 × 25; *E* y *F*, 25 × 25.

El sistema de cimbra representado en las figuras 2030 y 2031 ha servido para la construcción del puente de Saint-Côme, con una abertura de 24 metros. Es una especie de viga, curvilínea en la parte superior, que deja sobre el agua una altura libre de unos 3 metros.

La luz está dividida en tres partes iguales por dos hileras de pilotes clavados, arriostrados con cepos y sobre los cuales descansan las cajas de arena. A cada lado se encuentra una cercha que, con los pies derechos, contribuye a sostener las plantillas. Todas las piezas quedan unidas por medio de cepos que forman tirantes y contratirantes, y cierto número de tornapuntas sostienen los camones por la mitad de su longitud.

Finalmente, como último ejemplo de cimbra elíptica, damos una obra de carpintería de 30 metros de abertura, descansando igualmente sobre pilotajes (fig. 2032). Esta disposición, sobre soportes verticales bien arriostrados, cuando puede emplearse por no estorbar los montantes, es la mejor solución y sobre todo la más sólida. Se ve cuánto se ha reducido la luz de las plantillas y qué grande es también la facilidad para descimbrar.

Cimbras para arcos elípticos peraltados. — Esta forma se emplea más raramente porque deja menos espacio libre que las cimbras anteriores en la parte superior, pero no obstante puede aplicarse algunas veces.

Nuestro ejemplo, figura 2033, comprende pilotajes de apoyo, como las otras cimbras, y éstos van unidos por una traviesa sobre la que reposa la cimbra propiamente dicha. Esta está formada de trapecios y triángulos haciendo un conjunto rígido.

Cimbras para arcos ojivales.—Esta cimbra está compuesta de piezas horizontales, cepos por ejemplo, mantenidos por tornapuntas que se ensamblan al pendolón y que se apoyan en la cornisa de im-

posta. Otros tornapuntas, que arrancan del encuentro de los mayores con los tirantes, van a consolidar las plantillas. Sobre el pendolón se

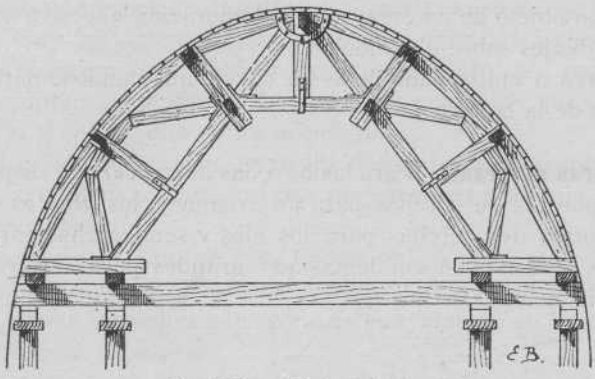


Fig. 2033. — Cimbra elíptica.

establecen dos hiladas de cepos longitudinales que pueden ir arriostrados entre sí por diagonales (fig. 2034).

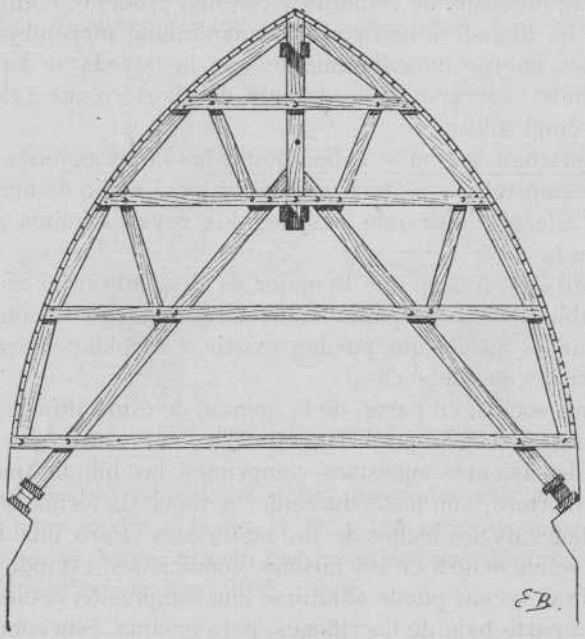


Fig. 2034. — Cimbra ojival.

Cimbras de cúpulas.—Las cimbras para las cúpulas se componen de un número mayor o menor de cerchas convergentes y ensambladas

a un pendolón central y descansando sobre pies derechos dispuestos en consecuencia.

Pueden emplearse también falsas cerchas ensambladas a una corona, con objeto de no crear una aglomeración excesiva y demasiados ensamblajes sobre el pendolón.

El forro o enlistonado debe ser curvo, adaptándose naturalmente a la forma de la bóveda.

Cimbras diversas.—Para las bóvedas *de crucero* se disponen cimbras compuestas de cerchas para los aristones, los *lunetos* o arcos de imposta, otras dos cerchas para los ejes y semicerchas para rellenar los huecos restantes, si son demasiado grandes para ser franqueados por el enlistonado.

Descimbrado de las bóvedas

Con el nombre de *descimbrado* se designa el trabajo que consiste en quitar las cimbras de una bóveda cuya construcción se ha terminado. Es una operación extremadamente delicada que debe efectuarse con una gran precisión de conjunto y con una prudente lentitud.

No se ha llegado a una perfecta unanimidad sobre el punto de si conviene descimbrar inmediatamente que la bóveda se haya terminado, o si debe esperarse la desecación del mortero que aglomera los materiales empleados.

Unos enseñan que no se deben quitar las cimbras hasta que haya fraguado el mortero, y entonces bajarlas por medio de aparatos dispuestos al efecto, retirando después los revestimientos desde los arranques a la clave.

Pero otros pretenden que lo mejor es descimbrar lo más rápidamente posible a fin de permitir al mortero, no fraguado aún, comprimirse, llenar los huecos que puedan existir y amoldarse exactamente a los materiales que debe casar.

Nosotros somos, en parte, de la opinión de éstos últimos, porque si consideramos una mampostería ordinaria, un muro, por ejemplo, vemos que los asientos sucesivos comprimen las hiladas inferiores y obligan al mortero, aún no endurecido, a tomar la forma de todas las irregularidades de los lechos de los materiales. Pero una fábrica de bóveda no se encuentra en las mismas condiciones: estando soportada por la cimbra, apenas puede admitirse una compresión debida a la gravedad en la parte baja de los riñones, pero encima, esta compresión es absolutamente nula. De aquí se deduciría que si se espera la desecación del mortero para descimbrar, podrán subsistir huecos, producirse aplastamientos parciales del mortero y, por consiguiente, soluciones de adherencia en la mampostería.

Por estas razones pensamos que la manera más prudente de proceder es la siguiente: descender la cimbra con una suavidad extremada, en progresión insensible, y en varias veces espaciadas por un cierto lapso de tiempo, para permitir al mortero ocupar su sitio y comprimirse muy lentamente, hasta que la cimbra deje de estar en contacto con la mampostería; quitar un listón sí y otro no, para permitir un serio examen de la obra y darse exacta cuenta de que la ejecución es perfecta y no hay que temer accidentes.

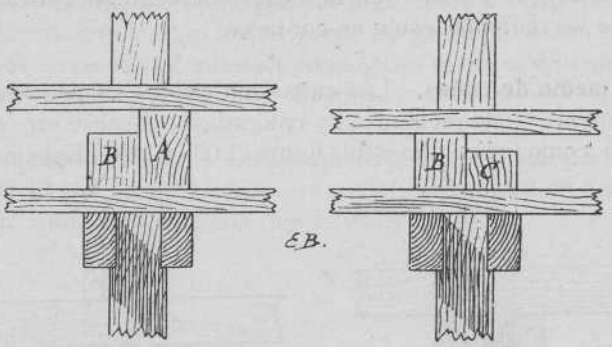
Realizado este examen, se podrá descimbrar por completo dos o tres días después y se obtendrá una mampostería apretada, como si se tratara de un muro.

En todo caso, durante esta operación, es prudente reservarse la posibilidad de detener el descenso y estar siempre en condiciones de volver a elevar la cimbra para ponerla nuevamente en contacto con la bóveda, si fuera necesario.

Vamos a examinar algunos procedimientos de descimbrado.

Por medio de pilarejos.—Se ponen entre las soleras pilarejos *A* que soportan toda la carga durante el trabajo, y una vez terminado éste se añaden los pilarejos *B*.

Para descimbrar se rebajan con azuela o hacha las piezas *A* que, debilitadas, terminan por aplastarse suavemente, insistiendo entonces



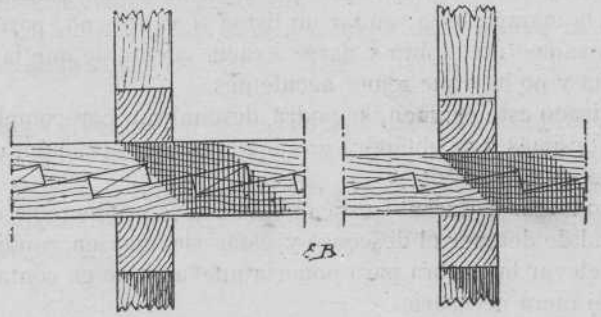
Figs. 2035 y 2036. — Descimbrado con pilarejos.

la carga sobre el pilarejo *B*. Para descender más aún, se pone un segundo pilarejo *C* y se corta el *B*, y así sucesivamente, con toda la lentitud que se desee, puesto que basta dar una diferencia mínima de altura a los pilarejos (figs. 2035 y 2036).

Por medio de cremalleras de madera.—Las cremalleras colocadas una sobre otra, se mantienen separadas con cuñas (figs. 2037 y 2038). Cuando se quiere descimbrar basta sacar poco a poco las cuñas, y las dos cremalleras se aproximan, disminuyendo de altura hasta llegar a

poner sus dientes en contacto, una vez sacadas las cuñas, como se indica a la derecha en la figura 2038.

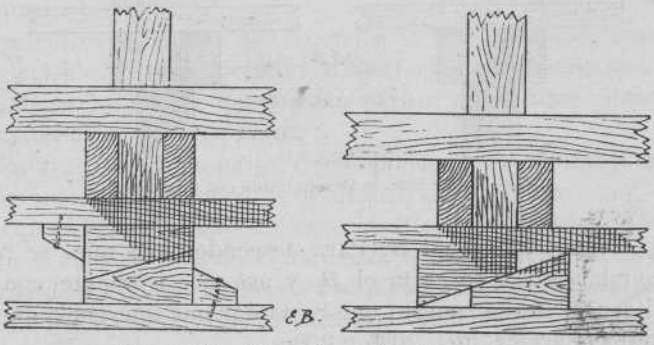
El mismo aparato de descimbrado se hace también de tres piezas con redientes. Estas piezas, de cierta longitud, están provistas de dos



Figs. 2037 y 2038. — Descimbrado por cremalleras.

filas de clavijas o cuñas, y en su solución de continuidad, calzadas por cinco cuñas puestas de canto unas contra otras. Para descimbrar se retiran primero las clavijas introducidas en los redientes, y después se retira suavemente una de las cuñas extremas. La cremallera de en medio comienza entonces a deslizar, haciendo aproximarse a las otras dos, lo que produce un descenso. Se continúa retirando cuñas hasta que los redientes estén en contacto.

Por medio de cuñas.—Las cuñas son dobles, de pequeño ángulo, próximamente $^1/_7$ de inclinación y colocadas una sobre otra en sentido contrario, como indican nuestras figuras 2039 y 2040. Bajo la acción de



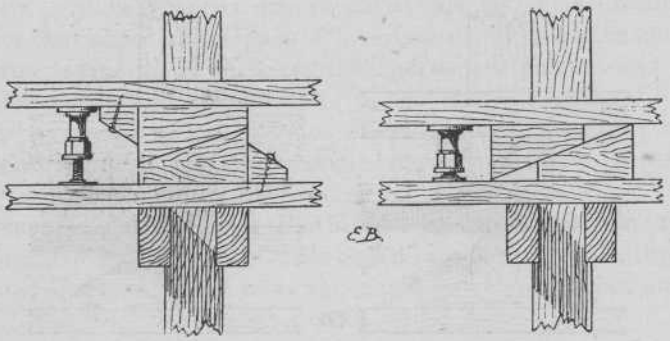
Figs. 2039 y 2040. — Descimbrado por cuñas.

la carga, las cuñas podrían resbalar y provocar un descenso prematuro e irregular; para evitar esto, es prudente mantenerlas con calzos clavados, que no se quitan hasta el momento del descimbrado (fig. 2039).

Para descimbrar, después de haber quitado estos calzos, se sacan

ligeramente las cuñas a golpecitos hasta que tomen la posición indicada en la figura 2040.

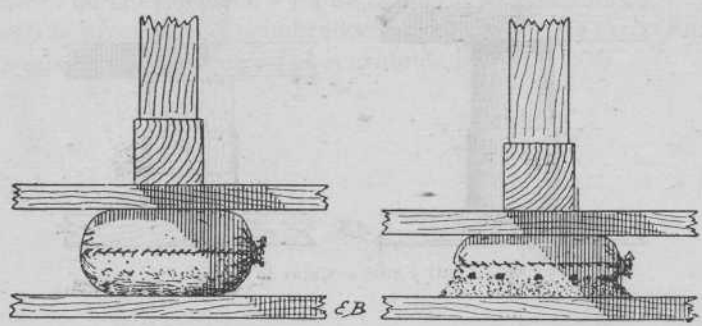
Con cuñas y gatos. — Para que un descimbramiento se efectúe bien, es preciso que el descenso se verifique en todos los aparatos



Figs. 2041 y 2042. — Descimbrado con gatos y cuñas.

simultáneamente y en la misma altura. Esto no puede casi conseguirse con las cuñas solas, porque los deslizamientos pueden no producirse con la misma velocidad en todos los puntos; por esto se emplean, al mismo tiempo que las cuñas, gatos de husillo que producen un descenso más fácilmente regulable (figs. 2041 y 2042). Cuando se aflojan las cuñas, la carga insiste sobre los gatos y, con un equipo de obreros que accionen al mismo tiempo todos ellos, se obtiene un descenso lento, regular y exento de choques.

Con sacos de arena. — Se interponen entre las soleras sacos de tela fuerte llenos de arena bien apretada; la abertura de estos sacos puede estar amarrada o cosida (figs. 2043 y 2044).

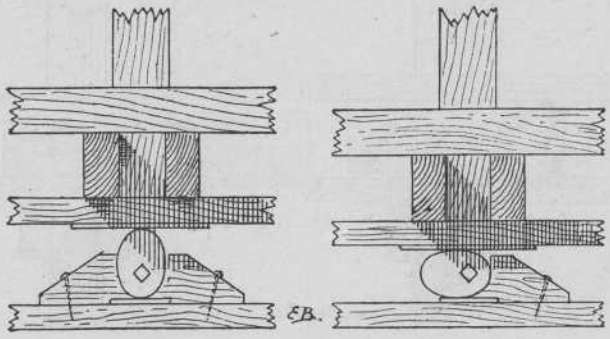


Figs. 2043 y 2044. — Descimbrado con sacos de arena.

Para descimbrar se practican pequeños orificios que dejan correr la arena, y el descenso se realiza con lentitud, como indica

la figura 2044. A veces es necesario provocar la salida de la arena por medio de una varilla de madera o de hierro.

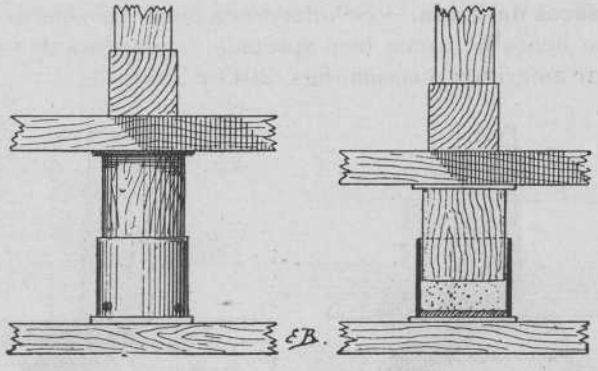
Por medio de levas.—El descimbrado por medio de *levas* o excéntricas, que indicamos en las figuras 2045 y 2046, no nos parece reco-



Figs. 2045 y 2046. — Descimbrado por levas.

mendable. Resulta difícil, a menos de emplear medios mecánicos complicados, regular el descenso, y sobre todo poder detenerlo llegado a cierto punto.

Este procedimiento podría quizá encontrar su aplicación en cimbras de poca importancia, en que las cargas no son considerables, manteniendo por medio de una palanca el descenso, que se interrumpiría por un medio cualquiera. Pero nos parece preferible el empleo del gato de husillo.



Figs. 2047 y 2048. — Cajas de arena.

Con cajas de arena.—Las cajas de arena, de las cuales damos un ejemplo en las figuras 2047 y 2048, pueden reemplazar ventajosamente el empleo de los sacos.

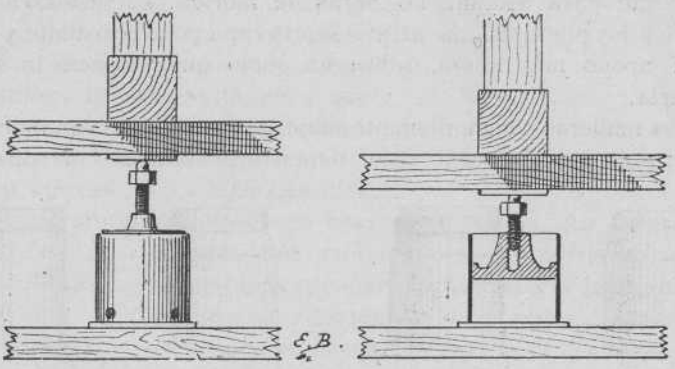
Estas cajas, que tienen ordinariamente 30 cm. de diámetro

por 30 cm. de altura, se hacen de palastro de 3 a 3,5 mm.; se llenan de arena y después se pone encima un émbolo de madera de un diámetro ligeramente menor y de 31,5 cm. de altura, aproximadamente.

El fondo de la caja, que es abierta por arriba, está formado por un disco de madera que permite un desplazamiento horizontal del aparato, sin pérdida de arena. En su parte baja las cajas llevan cuatro orificios destinados a dar paso a la arena en el descimbrado. Estos agujeros pueden mantenerse cerrados, ya con simples tapones, ya con pequeñas puertas de corredera.

Para descimbrar se abren los orificios y se deja escapar la arena al exterior. La figura 2048 muestra el descenso a media carrera.

Procedimiento mixto. — Por último, puede emplearse un procedimiento mixto que utiliza a la vez la caja de arena y el tornillo (figs. 2049 y 2050) y que consiste en una caja, como en el caso precedente, y un



Figs. 2049 y 2050. — Descimbrado por arena y tornillo.

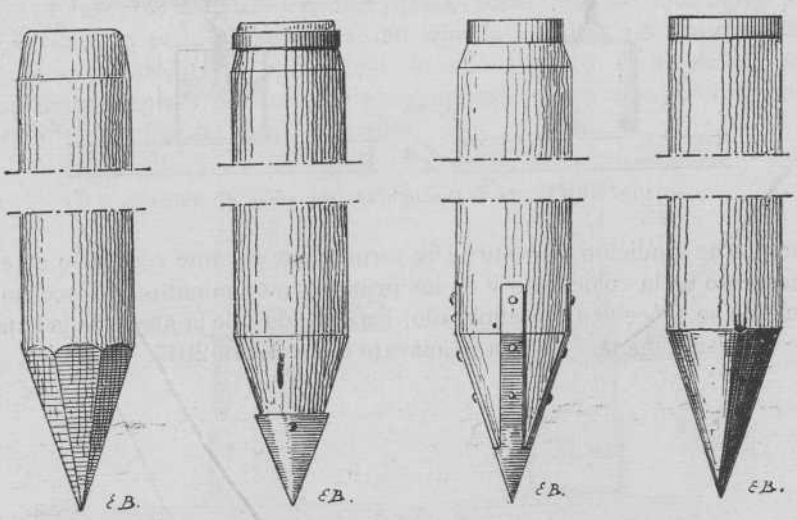
émbolo de fundición provisto de un tornillo que permite regularlo en el momento de la colocación y en los primeros movimientos de descenso, cuando se procede al descimbrado. En seguida sale la arena de la caja de la misma manera que en el aparato de la figura 2047.

CAPÍTULO XXII

Trabajos de cimentación e hidráulicos

Pilotes.—Cuando se trata de edificar sobre terrenos compresibles, sin consistencia, o cuando se deben ejecutar trabajos en la orilla de un río, por ejemplo, sería con frecuencia costoso llegar hasta el suelo consistente para asentar las obras de fábrica. En estos casos se recurre a los pilotajes, que atraviesan la capa poco resistente y van a buscar apoyo más abajo, sobre un suelo que ofrezca la solidez necesaria.

Las maderas constantemente sumergidas se conservan indefinidamente; aun en un terreno seco, tienen probabilidades de duración;



Figs. 2051 a 2054. — Pilotes.

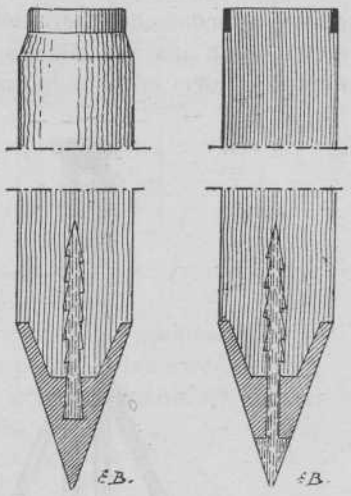
pero en un terreno húmedo que permita el paso al aire, sólo duran un tiempo relativamente corto.

Generalmente se escogen para pilotes maderos de 0,20 a 0,30 m. de escuadría, en los que la relación de la longitud al diámetro varía de 25 a 30.

Todas las maderas pueden, en caso necesario, servir para pilotes. Pero las más comúnmente empleadas son la encina, el roble, el pino, el aliso y la acacia. En un pilote se distinguen: la *cabeza,* el *cuerpo* y la *punta.* Pueden utilizarse pilotes sin ningún herraje de protección, como en el ejemplo de la figura 2051, en el cual la cabeza y la punta están simplemente talladas con la azuela.

Cuando un terreno presenta cierta dureza, siendo de temer que la punta del pilote se aplaste o raje, se arma entonces esta punta con un cono metálico, como se ve en la figura 2052.

Al clavarlos se deteriora bastante pronto la cabeza de los pilotes, y para evitarlo se ciñe con un aro de hierro de 0,01 a 0,02 m. de espesor y de 0,05 a 0,06 m. de altura, colocado a una temperatura bastante alta para que el enfriamiento produzca una contracción suficiente para apretarlo.



Figs. 2055 y 2056. – Pilotes.

Las figuras 2053 a 2056 dan idea de algunos procedimientos para herrar las puntas. La figura 2053 muestra una punta acerada provista de cuatro ramas, fijas por clavos a la madera; la figura 2054 muestra un regatón o *azuche* obtenido enrollando una chapa en forma de cono; la figura 2055 indica un azuche de fundición sujeto a la madera por una espiga embarbillada que se inserta al colar la fundición; por último, la figura 2056 da una variante de la anterior, en la que la espiga se termina por una punta acerada cónica, que se coloca en el molde en el momento de la colada para que quede aprisionada en la fundición como indica nuestro dibujo.



Fig. 2057. – Pilote de rosca.

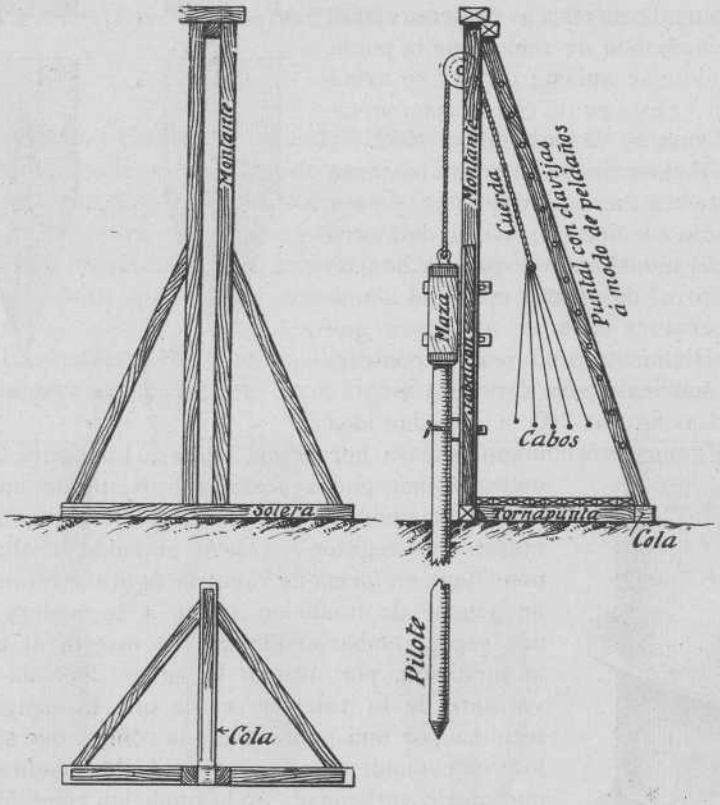
Pilotes de rosca. — Al contrario de los pilotes que acabamos de ver, que se clavan por percusión, los pilotes de rosca se introducen haciéndolos girar sobre su eje como si se tratase de un tornillo gigantesco.

Generalmente, los pilotes de rosca se hacen de hierro con un azuche guarnecido de una hélice cónica.

El que representamos en madera, figura 2057, está guarnecido en su punta con un hierro angular enrollado en espiral y alargado

en hélice; hemos escogido el perfil angular a causa de la facilidad que ofrece para su sujeción.

Hinca de los pilotes. Martinetes de cuerdas.—Ya se destinen los pilotes a fundaciones fuera del agua o bajo el agua, son golpeados por medio de un aparato llamado martinete o *machina*. La cabeza de los pilotes se corta en recto perpendicularmente a su longitud y se rodea

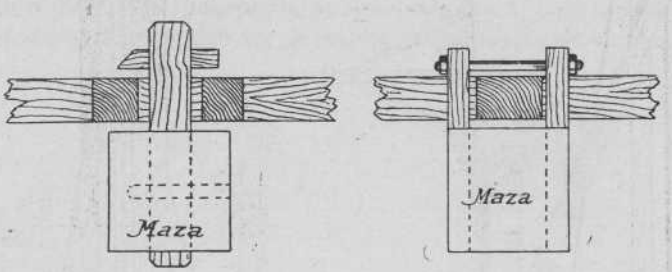


Figs. 2058 a 2060. — Martinete de cuerdas.

de una virola de hierro colocada algo más abajo que el corte, a fin de que el golpe sea sobre la madera y no sobre el hierro.

El martinete más antiguo y que se emplea aún en los trabajos poco importantes, es el martinete movido a brazo, que se representa en las figuras 2058 a 2060. Está formado por una solera en forma de triángulo horizontal que sirve de base; dos montantes verticales, llamados *jimelgas,* que sirven de guía al pilote y sobre los cuales resbala la maza que debe clavarlo. Estas piezas se mantienen verticales mediante dos tornapuntas; perpendicularmente al frente hay un

puntal que asegura la verticalidad de los montantes en este sentido y que está atravesado en toda su longitud por clavijas salientes a cada lado y formando peldaños para hacer posible el acceso a lo alto del



Figs. 2061 y 2062. — Mazas.

martinete, donde se encuentra la polea sobre la que pasa el cable que sirve para levantar la maza o *pilón*. Esta pieza se llama *cola*.

La maza empleada para la percusión con los martinetes de cuerdas es de madera dura zunchada por arriba y por abajo y pesa de 250 a 300 kilogramos, llevando en su parte superior una argolla para amarrar el cable. Corre a lo largo de los montantes o jimelgas, siendo guiada por ellos en sus movimientos ascendente y descendente. Damos un ejemplo de guía en la figura 2061.

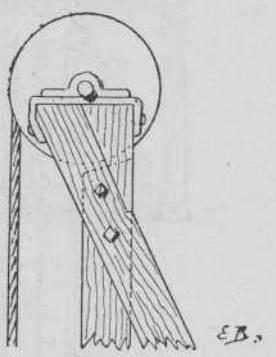
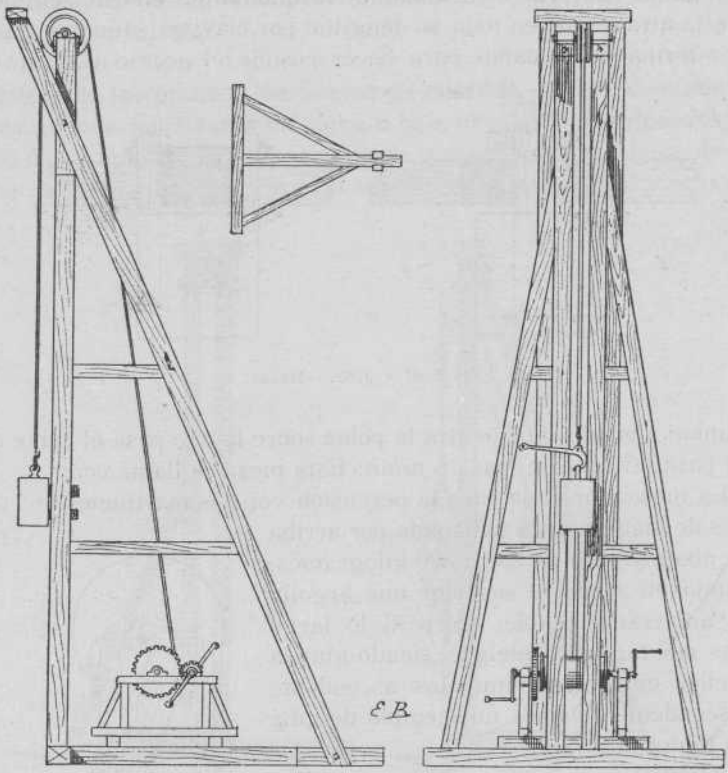


Fig. 2063.
Cabeza de martinete.

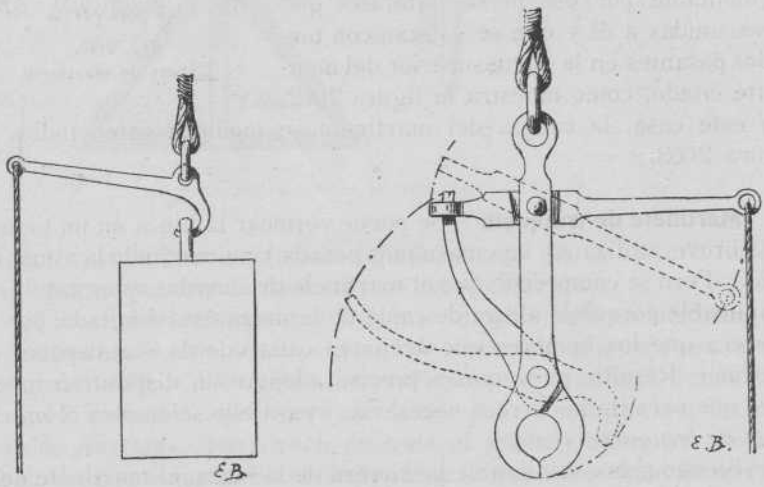
Algunas veces se construyen martinetes con un solo montante, en lugar de dos, y en este caso la maza es guiada sobre el montante por dos piezas laterales que lleva unidas a él y que se sujetan con tornillos pasantes en la parte superior del montante citado, como muestra la figura 2062. En este caso, la cabeza del martinete se modifica como indica la figura 2063.

Martinete de trinquete.—Se puede verificar la hinca en un tiempo más breve, utilizando una maza más pesada y aumentando la altura de caída. Pero se comprende que el martinete de cuerdas es en este caso inaplicable porque la altura de caída de la maza está limitada por la carrera que los hombres que accionan cada cuerda son capaces de producir. Resulta, pues, que es preciso adoptar un dispositivo mecánico que permita la carrera necesaria, y para ello se emplea el *martinete de trinquete*.

Siendo más considerable la carrera de la maza, el martinete debe ser, naturalmente, más alto (figs. 2064 a 2066) y no es menos útil pro-



Figs. 2064 a 2066. — Martinete de trinquete.

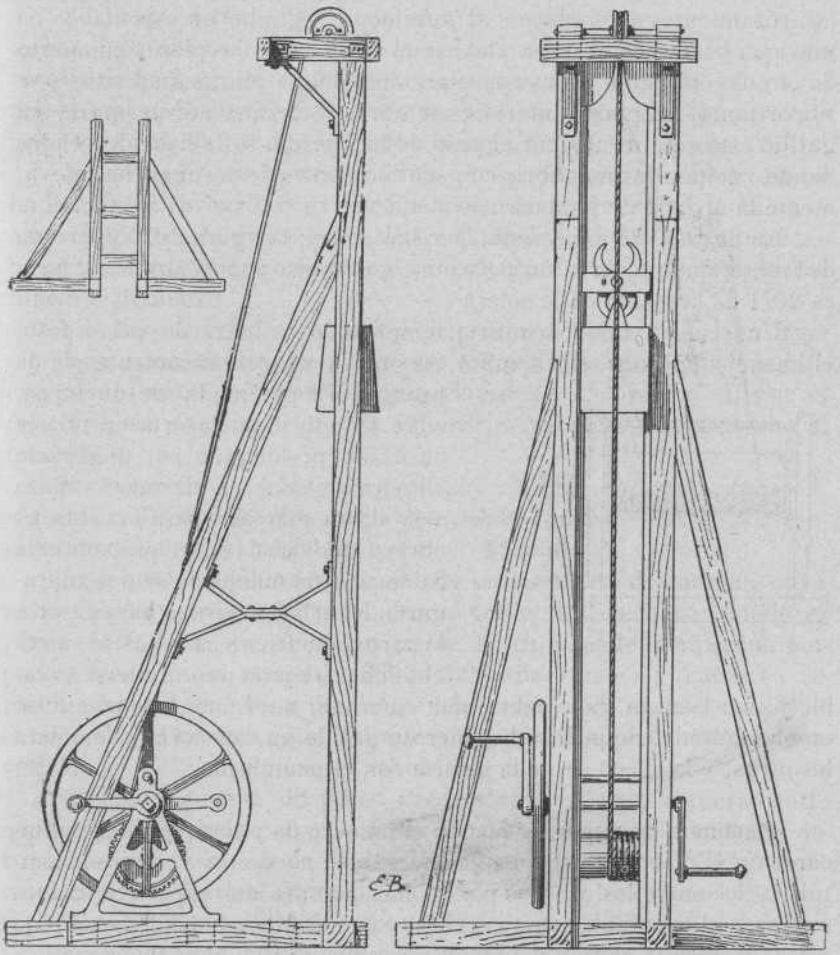


Figs. 2067 y 2068. — Disparadores.

veerle de escalones, como al de cuerdas, para permitir el acceso a lo alto.

La figura 2064 muestra la vista lateral, la 2065 la vista de frente y la figura 2066 la base o solera.

Los trinquetes pueden ser de varios sistemas; puede emplearse el



Figs. 2069 a 2071. — Martinete de disparador.

dispositivo indicado en la figura 2067, que consiste en un gancho con brazo de palanca bastante largo, el cual se acciona por medio de una cuerda cuando se quiere provocar la caída de la maza.

También se emplea el sistema de pinzas. Tirando de la cuerda unida a la palanca, las piezas que componen esta especie de tenaza toman la posición indicada por las líneas de puntos y cae la maza.

Los martinetes de trinquete o gatillo pueden accionar mazas de un peso mucho mayor, alrededor de 500 ó 600 kilogramos, y si se considera que la altura de caída sólo está limitada por la altura del martinete, se comprende fácilmente la mayor potencia de estos aparatos.

Otro ejemplo es el de las figuras 2069 a 2071. En este martinete la maza va bien guiada por su centro de gravedad y, por consiguiente, los rozamientos se reducen al mínimo. El gatillo es especial y no funciona hasta que la maza alcanza el vértice; las dos piezas en cuarto de círculo obligan a las ramas superiores de las pinzas a aproximarse y, por tanto, las pinzas inferiores se abren y dejan caer la maza. El gatillo está equilibrado por el peso de la cuerda, se le hace descender dando vuelta a los manubrios en sentido contrario y engancha nuevamente la argolla de la maza.

La figura 2069 representa la vista lateral; la figura 2070 una vista de frente, que recuerda un poco una guillotina, y por último la figura 2071 da la planta de la solera.

Un sistema que permitiría, empleando la maza de poco peso, el manejo por un sólo hombre, se indica esquemáticamente en la figura 2072 por medio de un torno, cuyo manubrio se inserta en un eje cuadrado prolongado por una parte cilíndrica. Una vez elevada la maza a la altura marcada para la caída, el obrero apoyaría con el pie sobre la palanca *A*, el manubrio se desembragaría del árbol cuadrado para pasar a la parte cilíndrica y, al no estar sujeto el tambor, dejaría desenrollarse el cable y caer la maza. Sólo habría que embragar nuevamente el manubrio en el cuadrado. Se podría disponer un gatillo en este torno como para los otros, y la rueda dentada giraría con el manubrio.

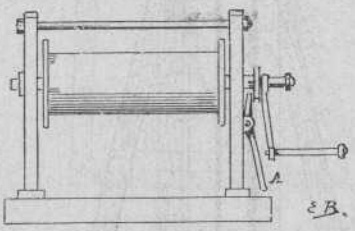


Fig. 2072. — Torno.

Martinete de vapor.—Cuando el número de pilotes que deben hincarse en el mismo trabajo es considerable, puede ser ventajoso sustituir la acción de los obreros por la más potente del vapor. Se coloca entonces el martinete sobre carriles, y una locomóvil instalada sobre la solera transmite el movimiento al torno por medio de una correa.

Podemos aún citar las *machinas* de percusión directa, en las que la maza es accionada por un pistón, pero esto se saldría de nuestro propósito y preferimos rogar a nuestros lectores que consulten libros especiales sobre la materia.

Cargas sobre los pilotes. — Para cimentar sobre pilotes en terrenos compresibles, hay que aplicar el sistema a una superficie más extensa que la que debe ocupar la construcción. Se debe además

comenzar la hinca por las hiladas exteriores, de forma que se comprima bien el macizo que servirá de base al edificio. Si, por el contrario, el terreno es más consistente, conviene comenzar por el centro, porque el terreno demasiado comprimido haría difícil la hinca y no se obtendría así más que un rechazo relativo y no un rechazo absoluto.

Se llama *rechazo absoluto* el que resulta de la resistencia del terreno, y *rechazo relativo* el que sólo es debido al frotamiento que resulta de la compresión del suelo por efecto de la hinca de los pilotes que han comprimido el suelo al entrar en su sitio, o también, si son de gran longitud, al frotamiento sobre la superficie desarrollada.

No siempre puede deducirse de que un pilote no se clave, que se ha llegado al rechazo; conviene abandonar temporalmente la hinca y emprenderla de nuevo algunos días más tarde, una vez que el terreno haya transmitido su compresión a cierta distancia, y el pilote podrá hincarse de nuevo.

La disposición de los pilotes depende del plan de la construcción que están destinados a soportar. Si se trata de un muro, se hincan por hiladas, dos o tres, según el espesor del muro; si, por el contrario, se necesita una gran superficie resistente, se disponen al tresbolillo.

La distancia entre los pilotes es muy variable, según su grueso, la naturaleza del terreno y la carga que deban soportar; varía, por término medio, de 0,80 a 1,50 m.

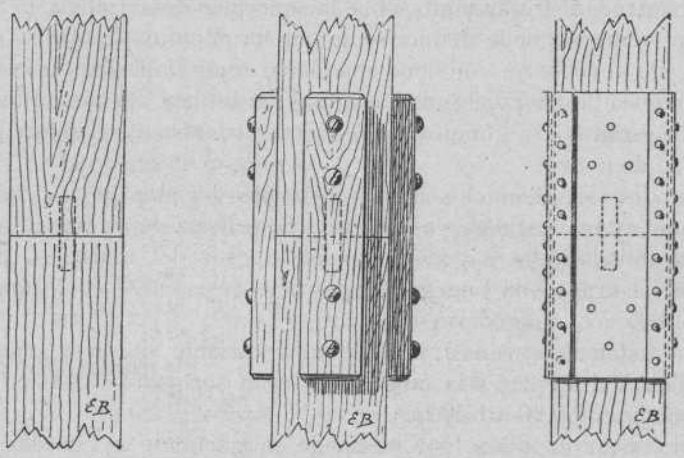
Al hincar un pilote por medio de un martinete de cuerdas, cuya maza caiga desde un metro de altura, se llega al rechazo cuando el pilote de 0,25 m. de diámetro no se hinca más de 4 a 5 mm. por andanada con una maza de 250 a 300 kilogramos, y entonces se puede cargar con 40 a 50 kilogramos por cm^2, a reserva de la calidad de la madera, que consideramos aquí como de muy buena resistencia.

Según Huguenin, un pilote puede sostener de una manera continua unas 26 toneladas, cuando al recibir por medio de un martinete de trinquete una andanada de diez golpes con una maza de 650 kilogramos, cayendo de una altura de 3,50 m., sólo se hinca unos 15 cm.; la conclusión es la misma cuando el pilote ha penetrado en el terreno 12 cm. solamente, después de una tanda de treinta golpes con una maza de 650 kilogramos del martinete de cuerdas cayendo desde 1,20 m. aproximadamente.

En las construcciones ordinarias basta hincar los pilotes con una maza de 400 kilogramos; en este último caso, cuando una andanada de quince a veinte golpes hace hundirse el pilote unos 13 cm., éste puede soportar ya 17500 kilogramos. Lo mejor es golpearlo con un peso de 400 kilos hasta que el pilote sólo se clave de 5 a 8 cm. para dos o tres andanadas sucesivas.

Falso pilote.—Cuando un pilote se ha clavado hasta que su cabeza alcanza el nivel de la solera del martinete, se interpone entre la cabeza y la maza un *falso pilote* que recibe y transmite el choque al pilote. Este falso pilote se halla zunchado por ambos extremos y guiado en su dirección vertical por los montantes.

Empalme de los pilotes.—Cuando el martinete tiene poca altura o no se dispone para los pilotes de maderos suficientemente largos para alcanzar un buen subsuelo, se recurre al empalme, que consiste en pro-



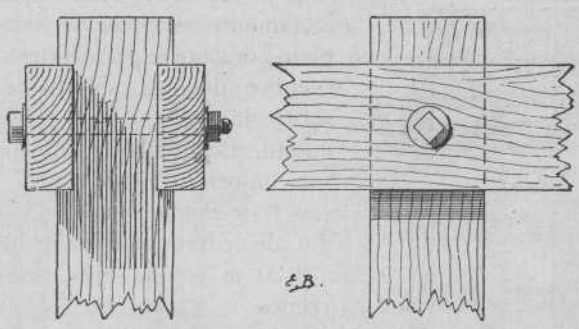
Figs. 2073 a 2075. — Empalmes de pilotes.

longar el pilote por un procedimiento de ensamblaje que no perjudique en nada su resistencia a la compresión.

La forma del corte tiene una importancia extrema, debiendo ser perfectamente recta, de forma que, bajo el choque de la maza, no pueda producirse ninguna desviación en la dirección vertical del pilote.

En muchos casos puede bastar una simple espiga en el centro de las piezas que penetre en cada una de ellas (fig. 2073). También se pueden emplear cubrejuntas, como muestra la figura 2074, pero siempre conservando la espiga. Estos cubrejuntas están unidos sobre las dos partes que componen el pilote por pernos superpuestos; pueden ser reemplazados por platabandas o bridas. Más complicado y costoso es el procedimiento representado en la figura 2075, que se obtiene, según la forma del pilote, por dos chapas enrolladas y con recubrimientos, fijadas al pilote por medio de tirafondos si el pilote se ha obtenido de un rollizo, y con chapas y ángulos si la sección del pilote es cuadrada.

Arriostramiento de los pilotes. — El acoplamiento de los pilotes es un encepado semejante al que se usa en carpintería de armar, por lo menos desde el punto de vista del ensamblaje (figs. 2076 y 2077).



Figs. 2076 y 2077. — Encepado de pilotes.

La única diferencia es que los pilotes son casi siempre de forma redondeada y, por consiguiente, la caja en ellos es ligeramente más profunda.

Desmoche o recepado. — Consiste en cortar las cabezas de los pilotes para enrasarlos a la misma altura. Es necesario, porque el rechazo puede ocurrir antes para unos pilotes que para otros, según la resistencia hallada y la profundidad a que encuentre cada uno el terreno consistente que se opone a que la penetración continúe.

El desmoche, ya difícil por tratarse de un aserrado horizontal, presenta más dificultad aun cuando precisa ejecutarlo bajo el agua, como en los trabajos de ribera.

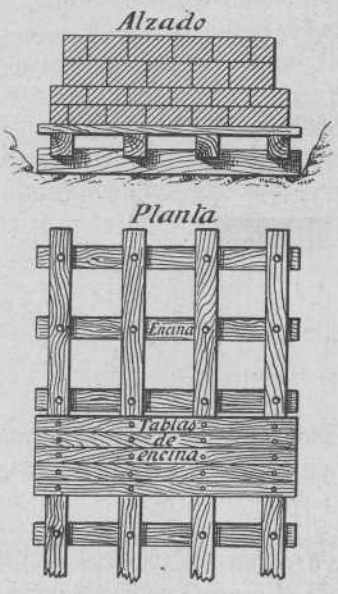
En el primer caso, la cabeza sobresale o está a poca profundidad y el trabajo puede hacerse con la sierra ordinaria; pero cuando debe ejecutarse bajo el agua y a cierta profundidad, es necesario recurrir a un herramental especial, y entre los aparatos empleados, la sierra alternativa parece dar los resultados más satisfactorios.

Trabajos hidráulicos

Cimentaciones sobre emparrillado.—Antes de entrar en el examen de los trabajos hidráulicos, diremos algunas palabras de un procedimiento de cimentación que puede prestar buenos servicios.

El hecho de ser compresible no supone que un terreno no pueda soportar en absoluto ninguna carga; precisa, pues, para establecerse sobre este terreno, formarse idea de su capacidad de resistencia y dar a las fundaciones la superficie necesaria para que la carga por unidad de superficie esté en relación con su escasa consistencia.

El emparrillado que se representa en las figuras 2078 y 2079 se compone de piezas de madera ligeramente entalladas y ensambladas con tornillos pasantes. El emparrillado establecido sobre una superficie perfectamente nivelada, se llena por completo de hormigón hidráulico y se recubre de una solera de maderos, sobre la que se construye directamente. La madera empleada deberá ser con preferencia el roble.



Figs. 2078 y 2079. — Emparrillado.

Este emparrillado se hace por medio de carreras espaciadas de 0,80 a 1,20 m. entre ejes, según los terrenos.

Los emparrillados no tienen duración sino en tanto que están siempre sumergidos o, por lo menos, siempre impregnados de agua. Si alternativamente estuviesen sumergidos y en seco, se pudrirían muy pronto, y en este caso sería razonable preferir las plataformas de cemento armado.

El mismo procedimiento de cimentación puede ser empleado

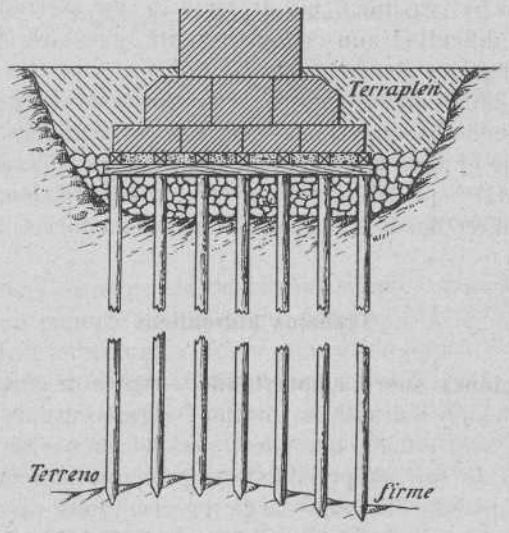
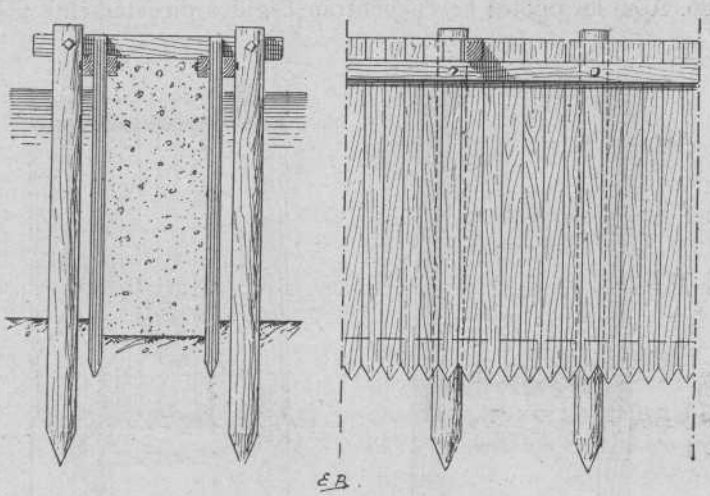


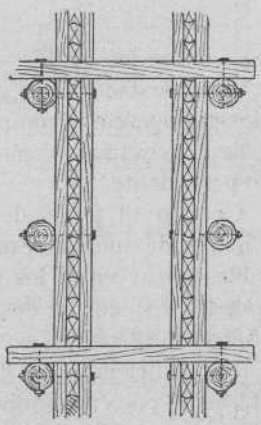
Fig. 2080. — Emparrillado sobre pilotes.

(figura 2080) haciendo descansar el emparrillado sobre pilotes. Como

en el caso anterior, los huecos entre los pilotes y las carreras se rellenan de hormigón, formando un zampeado. Este sistema puede emplearse para cimentaciones debajo del agua.

Ataguías.—Una ataguía es un dique establecido en medio de una corriente de agua para poder agotar una superficie determinada de





Figs. 2081 a 2083.—Ataguía.

forma que puedan ejecutarse los trabajos necesarios.

Si las aguas son poco profundas, 0,60 a 0,80 m., por ejemplo, y la corriente no es muy violenta, puede bastar una especie de barrera de tierra arcillosa, con taludes interiores y exteriores. Hecho este trabajo, se agota el agua y puede trabajarse en seco.

Cuando la profundidad del agua alcanza 1,50 ó 2,00 m., y la corriente tiene una velocidad relativamente grande, se construyen las ataguías mediante pilotes distantes entre sí un metro, aproximadamente, clavados en dos líneas paralelas, más o menos espaciadas según la violencia de la corriente y la altura del agua que tiende a volcar el dique.

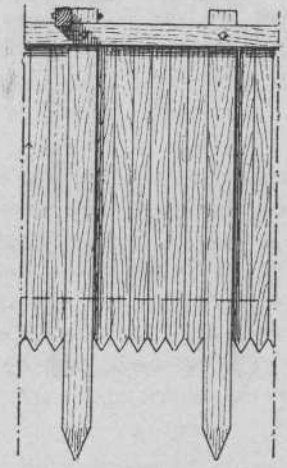
Se enlazan los pilotes por medio de cepos y codales en los dos sentidos, como indican las figuras 2081 a 2083. Entre los cepos se introducen *tablestacas* que cierran por ambos lados el espacio entre los pilo-

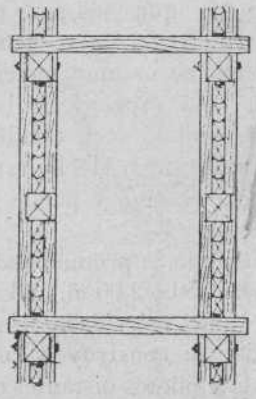
tes; se limpia este espacio de los limos que recubren el suelo y se llena de arcilla apisonada por capas o con hormigón, para evitar las filtraciones.

La figura 2081 da el corte transversal; el longitudinal está representado en la figura 2082 y la planta en la figura 2083.

Otra disposición de tablestacado se representa en las figuras 2084 a 2086. Aquí los pilotes se encuentran cogidos directamente por los







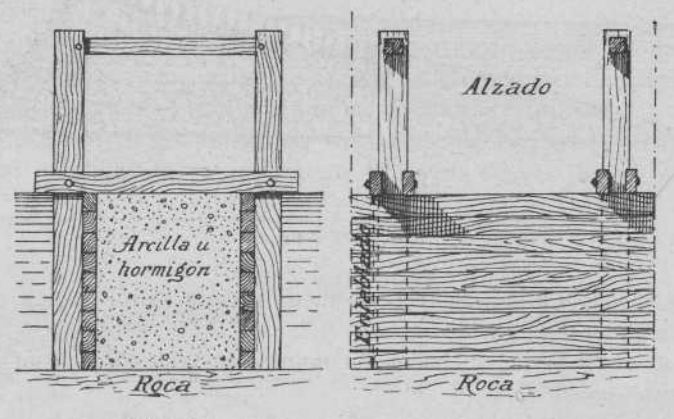
Figs. 2084 a 2086. — Ataguía.

cepos, entre los cuales se colocan las tablestacas. Las cabezas de los pilotes se enlazan por medio de travesaños, como en el caso precedente.

Cuando el fondo de la corriente es de roca y resulta imposible hincar en él los pilotes, se puede proceder de dos modos distintos:

1.º Abriendo en la roca taladros de poca profundidad, en los que se introducen los pilotes y entrelazando éstos por sus cabezas con largueros y travesaños y apuntalándolos provisionalmente para que resistan la corriente. En seguida se hacen descender a lo largo de los pilotes los cepos que los sujetan por el pie, colocándose después horizontalmente las tablestacas machihembradas, y el espacio comprendido se rellena de tierra arcillosa o de hormigón, como ya se ha dicho.

2.º Escogiendo pilotes de una longitud doble de la altura del agua, sujetos por cepos al nivel de ésta y en la parte superior por una pieza formando travesaño, que deberá mantenerse bien con ligaduras

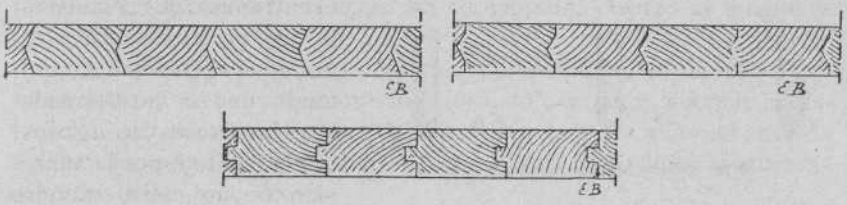


Figs. 2087 a 2089. — Ataguía.

durante el trabajo de carpintería. Después se colocan tablestacas horizontales contra los pilotes (figuras 2087 a 2089) y por último se rellena el espacio entre las tablestacas con arcilla u hormigón.

La figura 2087 representa el corte transversal, la 2088 el longitudinal, y la planta se muestra en la figura 2089.

Tablestacas. — Las tablestacas son maderos cortados en bisel por su parte inferior para poderlos introducir en el terreno. Van ensambladas de distintas maneras, como indican las figuras 2090 a 2092. Puede ser suficiente algunas



Figs. 2090 a 2092. — Tablestacas.

veces acepillar simplemente las tablestacas para conseguir una junta tan cerrada como sea posible.

Presas. — Una presa es un dique establecido a través de un curso de agua para elevar el nivel aguas arriba con objeto de crear una

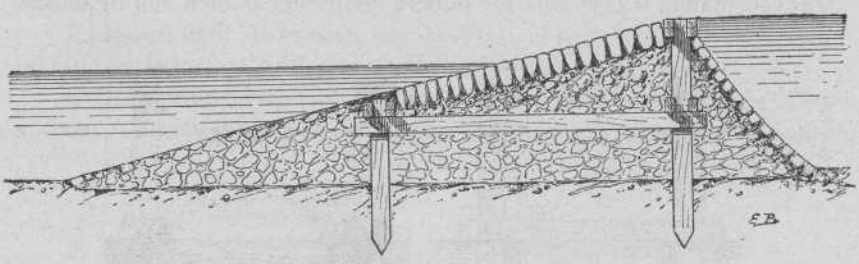


Fig. 2093. — Presa.

fuerza aplicable a la industria por medio de un salto, o bien para el servicio de la navegación.

Las presas fijas se hacen en mampostería de un espesor igual a su altura.

Se hacen también presas fijas con un esquelto de carpintería compuesto de pilotes clavados y encepados en los dos sentidos (figura 2093) con un relleno de piedras revestido de fábrica. Cuanto más extensión se da al plano inclinado de aguas abajo, mejor se asegura la estabilidad.

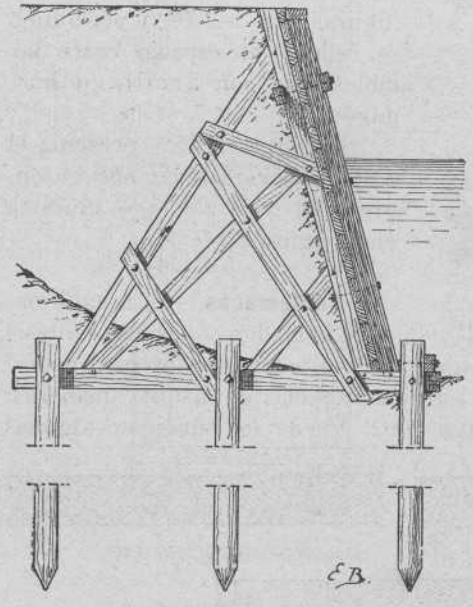


Fig. 2094. — Muelle provisional.

Existen aún gran número de sistemas: las presas móviles construídas como el muro de muelle provisional que se ve en la figura 2094, pero con una inclinación mucho menor en los paramentos. La presa propiamente dicha puede ser obtenida por maderos colocados horizontalmente contra el entramado de carpintería, lo que permite variar a voluntad el agua retenida, quitando uno o varios maderos; las presas de agujas, que permiten, por la supresión de un cierto número de ellas, hacer bajar el nivel del embalse; por último, las presas de esclusas, que facilitan a los barcos el poder remontar los cursos de agua, dividiendo en secciones un canal.

Muelles provisionales.—Un muelle es una construcción erigida en las orillas de una vía fluvial o marítima, bien para oponerse a los desbordamientos o para constituir una plataforma que sirva para depósito de mercancías o materiales, o bien para el embarque y descarga de los mismos.

Un muelle provisional se construye por medio de pilotes hincados en el suelo y sobre los cuales se asienta una estructura de carpintería destinada a sostener el relleno que ha de formar el muelle.

Si éste no es sensiblemente más alto que las aguas, el empuje de éstas equilibra aproximadamente el de las tierras (fig. 2094).

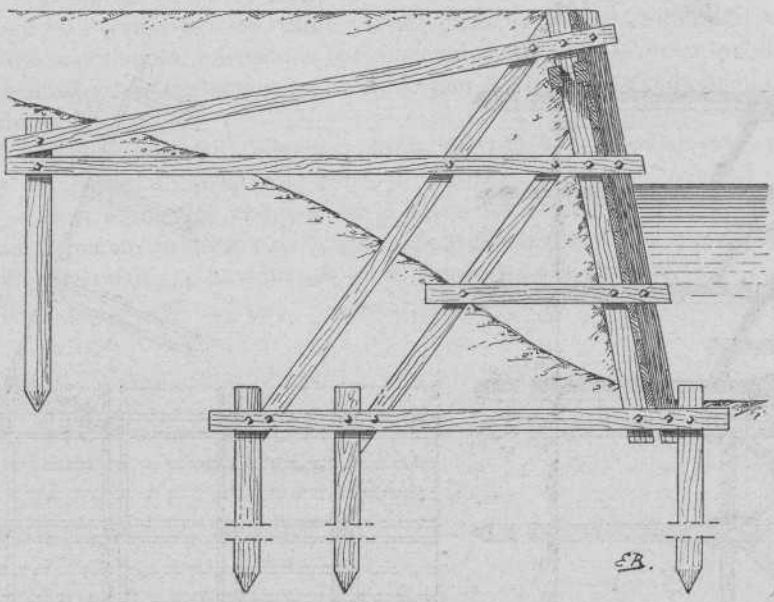
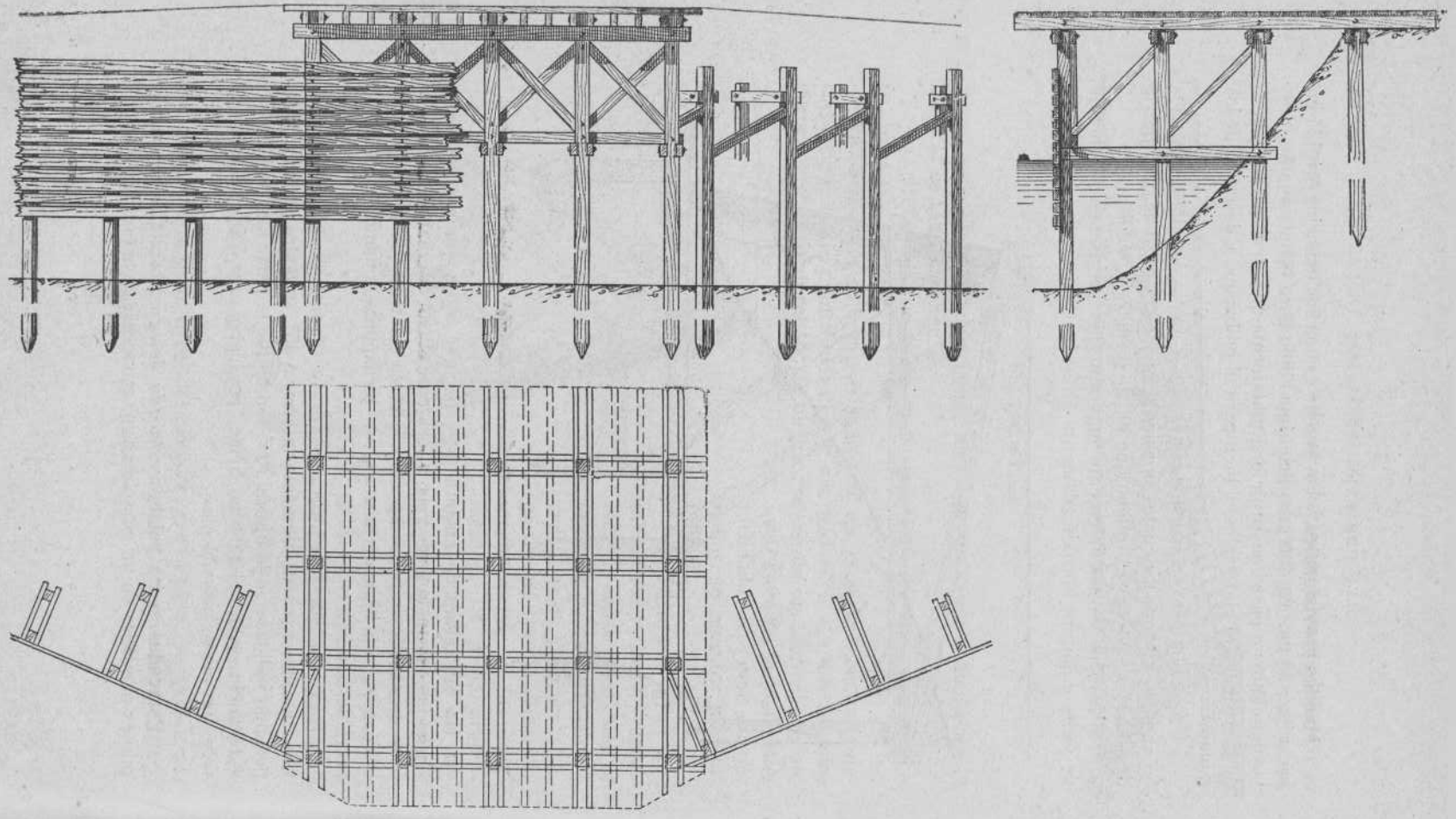


Fig. 2095. — Muelle provisional.

La estructura de madera debe hacerse más o menos resistente según las circunstancias y la altura del relleno que haya de sostener. Para un muelle de poca importancia basta con tomar la disposición que indicamos, suprimiendo si acaso un tornapunta, cuando el muelle es poco elevado.

En el caso de una altura mayor, y suponiendo un muelle cuyo talud natural sea sensiblemente inferior a 45°, se podrá adoptar la disposición indicada en la figura 2095, en la que la parte alta está anclada a distancia, sobre el terreno firme, por cepos que van a asegurarse sobre un pilote hincado.

Estacadas. — La palabra *estacada* designa un dique formado de pilotes plantados en un curso de agua para cerrar su entrada o desviar



Figs. 2096 a 2098. — Estacada.

la corriente. Pero en la industria se da más frecuentemente este nombre a pequeños muelles parciales establecidos como avanzada sobre la orilla de un río, para el servicio especial de una fábrica, y entonces la estacada sirve para la descarga de primeras materias, de materiales o mercancías, y también para su embarque, una vez trabajadas o transformadas en objetos industriales.

El destino que ha de dárseles influye naturalmente sobre sus dimensiones y su forma. La que damos en las figuras 2096 a 2098 está destinada a soportar una grúa de descarga para aprovisionar de carbón una fábrica.

Como se ve en los dibujos, elevación, sección y planta, esta estacada está compuesta de veinte pilotes cuadrados de 0,25 × 0,25, hincados en el suelo, encepados por maderos de 0,11 × 0,23 con tornillos pasantes y arriostrados por cruces de San Andrés entre cada hilada de pilotes.

El suelo está formado por soleras de 0,11 × 0,23 recubiertas por un pavimento de madera de 8 cm. de espesor.

Para evitar los choques en el momento de atracar los barcos, se han dispuesto aguas arriba y aguas abajo pilotes entibados por cepos y sobre los cuales se ha aplicado un revestimiento de maderas.

CAPÍTULO XXIII

Puentes

Pasarelas

Generalidades. — Las pasarelas son pequeños puentes destinados especialmente al paso de peatones y, por consiguiente, sólo se calculan para cargas moderadas.

Los medios que se emplean para impedir la entrada de los coches en las pasarelas son muy sencillos: basta con dejarles una anchura insuficiente para los vehículos; poner una barrera que no permita la entrada más que a los peatones; no permitir su acceso sino después de subir cierto número de escalones, caso que se presenta con mucha frecuencia, cuando se hace necesario elevar la pasarela para dejar por debajo un paso de altura suficiente.

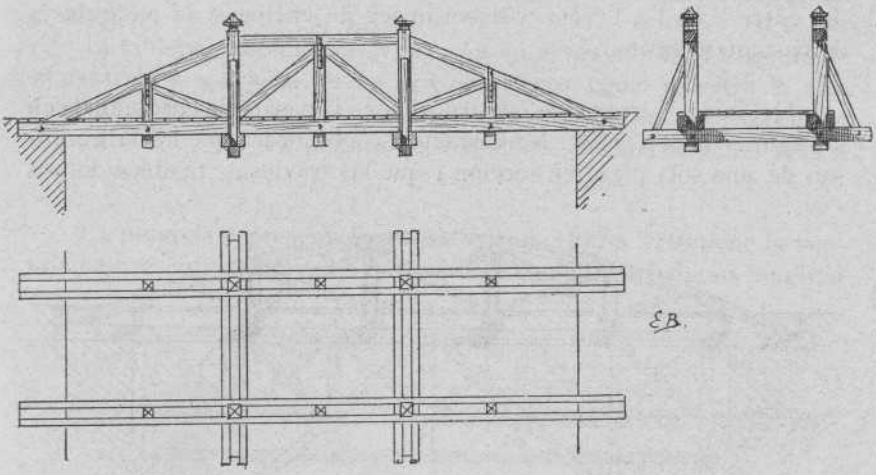
Las pasarelas se emplean siempre que hay que franquear un obstáculo, tal como un río de poca anchura, un camino, una vía férrea, etc., reuniendo dos puntos que, de otro modo, habrían de comunicarse mediante un largo rodeo para encontrar un paso lejano.

Por último, pueden dar paso por encima de grandes excavaciones en una obra de importancia, tenderse en jardines y parques sobre pequeños canales o unir en edificios separados dos pisos al mismo nivel, evitando el tener que descender y volver a subir.

Pasarelas de viga armada. — La construcción en forma de viga armada convendrá siempre que la pasarela haya de soportar cargas algo pesadas.

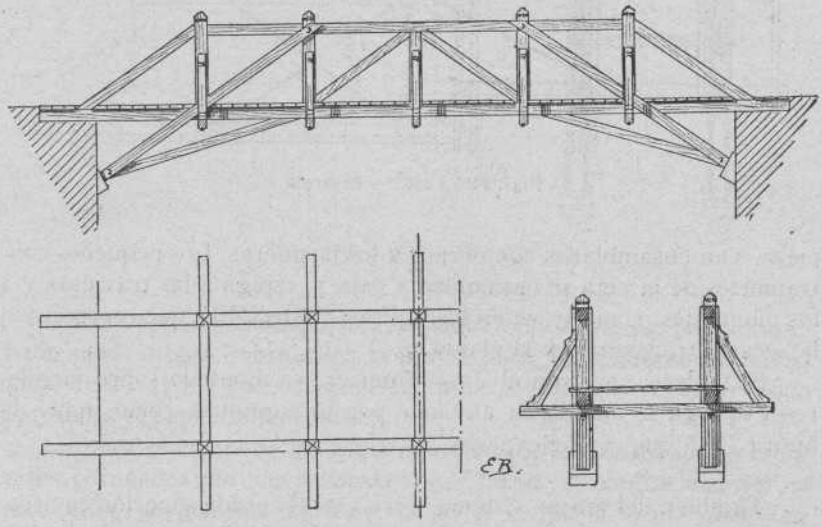
Nuestro primer ejemplo es una aplicación del principio que hemos visto empleado en las vigas (figs. 298 y 300). Se compone de dos largueros formados por cepos y que descansan en estribos de fábrica, pero también podrían apoyarse en pies derechos clavados en tierra (figuras 2099 a 2101). Entre estos cepos quedan cogidos los montantes a los que se ensamblan dos tornapuntas y una pieza horizontal media, formando entre las tres el cordón superior comprimido. Otras piezas en diagonal forman pretil o barandilla y contribuyen a la rigidez del conjunto.

Bajo los largueros se fijan a los montantes, por medio de entalladuras y pernos, traviesas o riostras formadas asimismo por dos cepos



Figs. 2099 a 2101. — Pasarela.

y que sobresalen por cada lado para recibir los pies de los pequeños jabalcones invertidos que aseguran la verticalidad de la barandilla, o más bien de la viga, como se ve en sección (fig. 2100) y en planta (figura 2101).

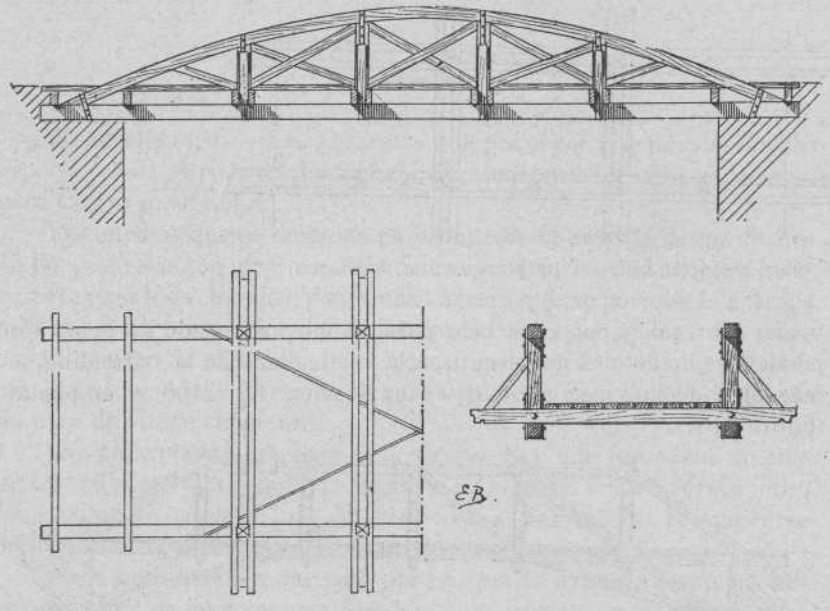


Figs. 2102 a 2104. — Pasarela.

Si fuese de temer, por cualquier motivo, un movimiento de deformación horizontal, debería arriostrarse en planta por medio de aspas.

El tablero o plataforma que constituye el suelo está formado de tablones que descansan directamente sobre los largueros a los cuales se fijan. Estos tablones, para evitar que se detenga el agua, van separados entre sí de 1 a 1,5 cm. y deberán ser de encina si la pasarela es de bastante tránsito.

Del mismo sistema de construcción es la pasarela representada en las figuras 2102 a 2104. No obstante, se observará que los largueros son de una sola pieza en sección y que las traviesas, también de una



Figs. 2105 a 2107. — Pesarela.

pieza, van ensambladas con pernos a los largueros. Los pequeños contrafuertes de la viga se ensamblan a caja y espiga a las traviesas y a los montantes, como se ve en las figuras 2103 y 2104, que representan la sección transversal y la planta.

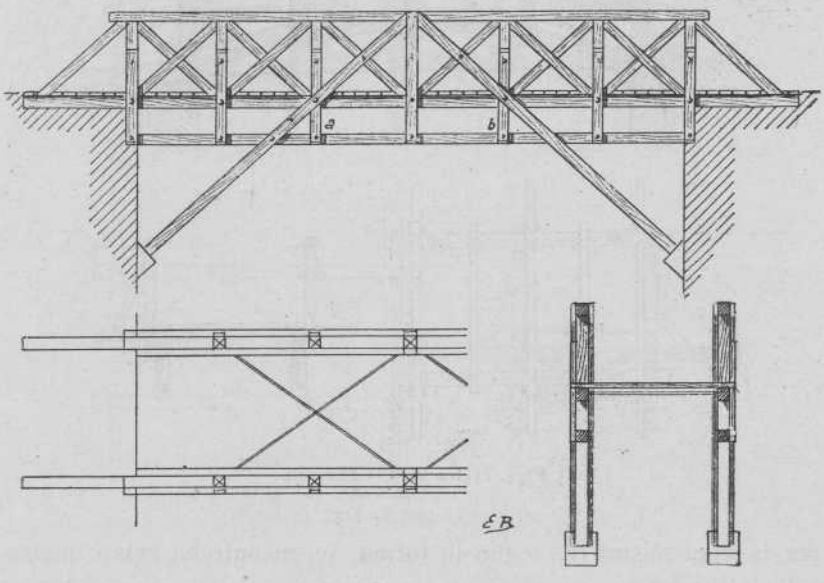
El tablero, como en el caso anterior, va montado sobre largueros y la viga se encuentra aliviada por tornapuntas, como indica la figura 2102, que es la elevación.

También del mismo sistema, pero con el cordón superior en arco, la pasarela que representan las figuras 2105 a 2107 comprende dos largueros sobre los que descansan las traviesas-cepos; el cordón superior está formado por una pieza curva y ensamblado por sus extremos al larguero a caja, espiga y barbilla, rodeado todo por un collar de

hierro. Entre este cordón y el larguero existe un forjado formado de montantes y diagonales; los montantes, estirados, van unidos a los miembros superior e inferior por medio de estribos de talones fijos con pernos.

El tablero es de tablones colocados en el sentido de la longitud de la pasarela y apoyados en las traviesas-cepos, como muestra la sección (fig. 2106). El arriostramiento horizontal indicado en la planta (figura 2107) está compuesto de diagonales de hierro plano fijas a los largueros.

La pasarela representada en las figuras 2108 a 2110 tiene la ventaja de presentar un pretil o barandilla completo en toda su longitud



Figs. 2108 a 2110. — Pasarela.

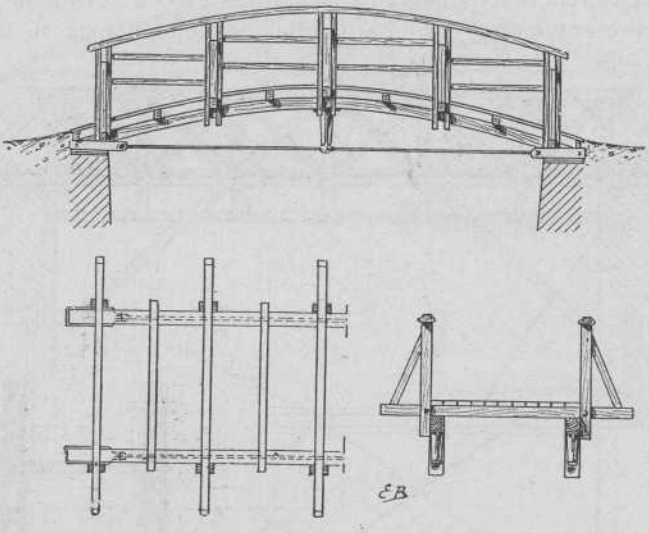
de estribo a estribo. Siendo éstos bastante resistentes, se han aprovechado para cargar sobre ellos la mayor parte del esfuerzo por intermedio de dos pares que van a ensamblarse al montante del centro, que representa el papel de pendolón.

La obra se compone de largueros a los que se ensamblan los montantes coronados por un pasamano que forma el cordón superior, y entre ellos se colocan las diagonales; el conjunto forma una viga de celosía. Debajo del larguero va un larguerillo y ambas piezas van unidas a los montantes por otras piezas verticales atornilladas, como se ve en la elevación (fig. 2108) y en el corte (fig. 2109). El arriostramiento horizontal indicado en la figura 2110, que repre-

senta la pasarela en planta, es de hierro plano ensamblado a los largueros.

Se observará que lo único que impediría aproximarse las dos vigas es el tablero, pero como las maderas que lo forman no van juntas ni su fijación es de confianza, para evitar una deformación de esta clase aconsejamos poner dos cepos-traviesas en *a* y *b*.

Pasarelas de vigas con armadura inferior. — En las pasarelas de viga armada que acabamos de ver, la barandilla estaba formada



Figs. 2111 a 2113. — Pasarela.

por la viga misma y, según la forma, se encontraba más o menos completa.

En las pasarelas con tirante inferior, la barandilla puede ser, al contrario, independiente, y en todo caso puede ser de cualquier forma y sección, pudiendo hacerse de un modo más ligero y hasta ofrecer un aspecto decorativo en armonía con el medio en que la pasarela ha de emplazarse.

Es la aplicación de las vigas que hemos visto en las figuras 292 y 295, con sus diagramas de esfuerzos (figs. 294 y 297) que dan una idea de los desarrollados en cada pieza.

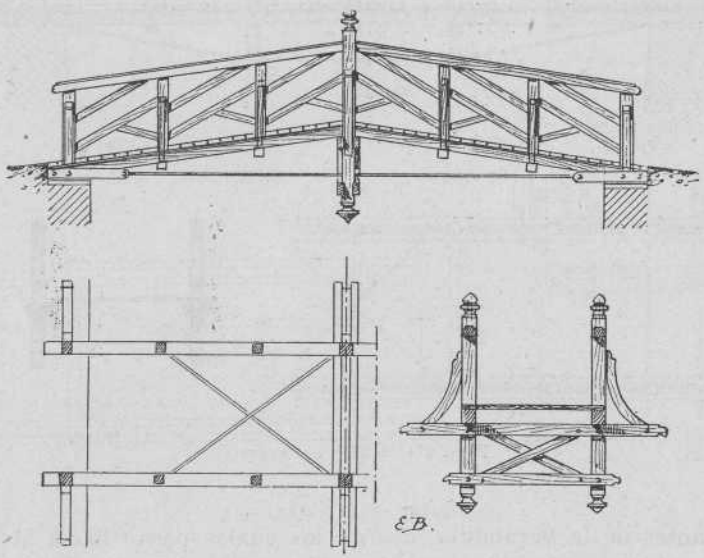
La pasarela representada en las figuras 2111 a 2113 está formada, en cuanto a su estructura resistente, por dos piezas de madera curvadas y atirantadas por debajo, como se ve en elevación en la figura 2111; por tirantes amarrados a estribos que abrazan los extre-

mos de las maderas. Una biela de fundición, que también puede ser de hierro, une al tirante la pieza de madera.

Sobre las piezas curvas se apoyan traviesas que sostienen el tablero de tablones colocados longitudinalmente.

Los montantes de la barandilla están formados por cepos que aprisionan las traviesas y se ensamblan al pasamano, curvo y paralelo a la pieza curva de la viga.

Los pequeños contrafuertes van cogidos por su parte alta en los montantes-cepos y se ensamblan a caja y espiga a la parte de



Figs. 2114 a 2116. — Pasarela.

las traviesas que sobresale, como muestra la figura 2112, sección transversal; la figura 2113 representa la planta.

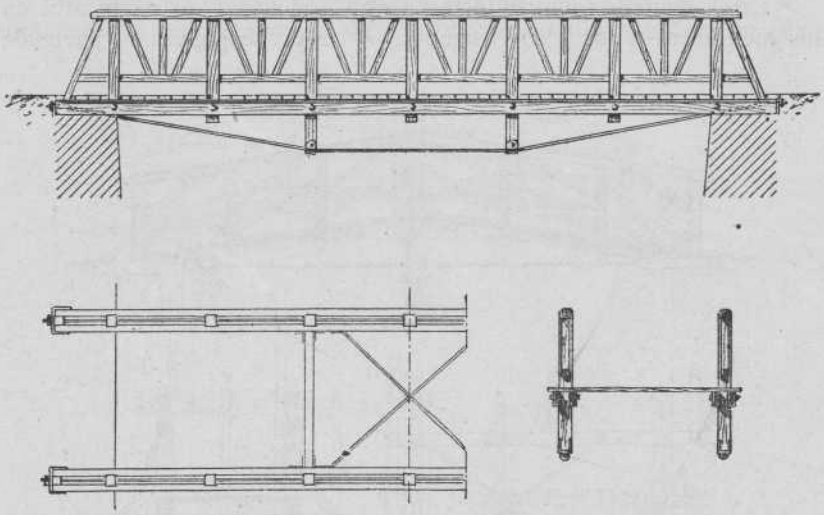
Con dos cerchas compuestas cada una de dos pares, un tirante y un pendolón, puede construirse la pasarela representada en las figuras 2114 a 2116, que pertenece al mismo sistema constructivo que la precedente.

El pendolón sobrepasa y va encepado a dos alturas distintas y se arriostra todo con contravientos horizontales y verticales, como se ve en las figuras 2115 y 2116, corte y planta respectivamente.

Bajo los pares y frente a cada montante de la barandilla se ponen traviesas que van empernadas y sobresalen por cada lado para sostener los contrafuertes.

Subtendidos por un tirante con dos bielas, los esfuerzos de flexión desarrollados en los largueros son poco considerables. Estos son rectos y se mantienen en esta posición mediante el tensor quebrado que pasa bajo las bielas (figs. 2117 a 2119).

En esta pasarela, las piezas horizontales que franquean el vano y sostienen el tablero están formadas de cepos que oprimen los



Figs. 2117 a 2119. — Pasarela.

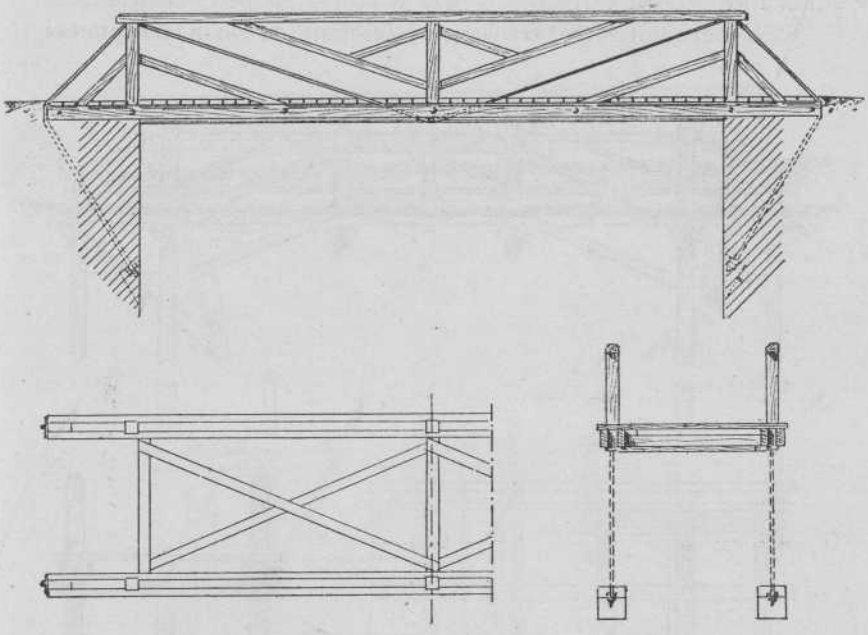
montantes de la barandilla, dos de los cuales pasan hacia abajo y forman bielas. El tablero es de tablones, fijos uno por uno a los cepos, lo que impide a éstos inclinarse y da a la barandilla la rigidez necesaria.

La figura 2118 representa el corte transversal y la figura 2119 la planta.

En la pasarela representada en las figuras 2120 a 2122 se ve en parte aplicado a una pequeña obra el principio de los puentes colgantes. Se ha utilizado el peso muerto de los estribos para anclar el cable de suspensión; las bielas están formadas por los montantes extremos de la barandilla y el cable pasa bajo el montante central.

Como se ve en la elevación (fig. 2120), el cable anclado en la mampostería se dirige oblicuamente al extremo del larguero para apoyarse en él y después vuelve, siempre oblicuamente, a pasar sobre la cabeza del montante-biela, para inclinarse al otro lado e ir a sostener el centro.

La figura 2121 es la sección. Es conveniente tomar todas las precauciones necesarias para consolidar la barandilla, evitándose así quizá graves accidentes. La figura 2122 muestra en planta el arriostramiento horizontal.



Figs. 2120 a 2122. — Pasarela.

Pasarelas decorativas. — Desde el punto de vista de la construcción, las pasarelas decorativas proceden de los mismos medios empleados para las otras obras del mismo género; deben ser ante todo sólidas y después ofrecer a la vista formas agradables y elegantes, completamente en relación con su destino.

Además de la forma general, la barandilla es un medio de decoración, y como puede ser tratada de innumerables maneras, dará ocasión a los constructores, además de la variedad de siluetas, para hacer surgir bonitas combinaciones y formas armoniosas.

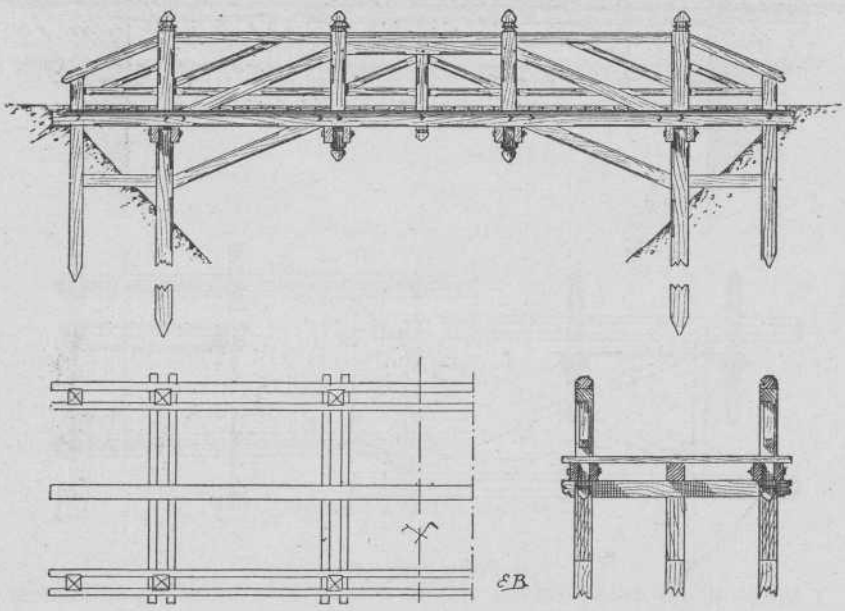
Apoyado sobre pilotes en lugar de estribos de fábrica, nuestro ejemplo de las figuras 2123 a 2125 da, con líneas de gran sencillez, una pasarela de bastante buen aspecto.

Está compuesta de tres largueros, siendo el de en medio de una pieza y los laterales formando cepos; el larguero central pasa sobre la cabeza de los pilotes y los de los bordes los encepan, dejándoles sobre-

salir, así como a los montantes intermedios, de modo que formen los montantes de la barandilla.

Estos largueros van sostenidos por tornapuntas ensamblados por abajo a los pies derechos, a caja, espiga y espera, y lo mismo por arriba, al larguero medio; en las orillas van ensamblados con entalladuras a los cepos.

Una pieza horizontal transmite el empuje de estos tornapuntas a



Figs. 2123 a 2125. — Pasarela.

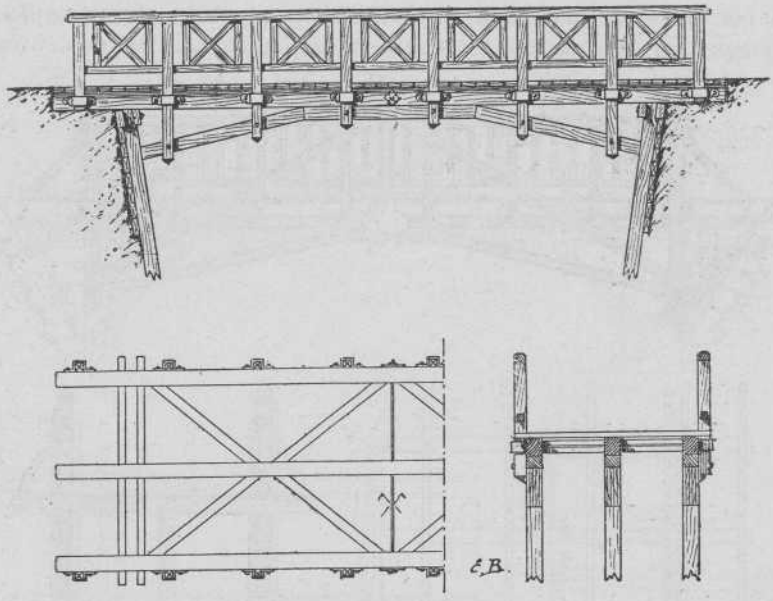
un segundo pie derecho clavado detrás del primero, como se ve en la elevación (fig. 2123) y en la planta (fig. 2125).

Bajo los cepos laterales se ensamblan a los pies derechos cepos transversales que podrían hacerse pasar al otro lado de los montantes de la barandilla para poder triangularlos.

Las cabezas de los pilotes, difíciles de ejecutar una vez hincados, pueden ponerse postizas; las de los montantes pueden labrarse antes de su colocación.

El tablero reposa directamente sobre los largueros y está compuesto de tablones ligeramente espaciados para permitir la evacuación de las aguas; la barandilla está formada por traviesas, un pasamano y piezas oblicuas, según el dibujo. Todas las piezas vistas van adornadas con chaflanes.

En un terreno compacto y sólido puede asentarse una pasarela según la disposición que indicamos en las figuras 2126 a 2128. Contra las tierras, revestidas en este lugar, se apoyan pilotes hincados o simplemente introducidos en el suelo y ligeramente inclinados, recibiendo el empuje de una especie de arco compuesto de tres piezas, de las que la intermedia está en contacto con el larguero; éste descansa sobre los pilotes, que van encepados transversalmente por debajo de él y



Figs. 2126 a 2128. — Pasarela.

pasa sobre la cabeza de dichos pilotes para reposar en el suelo, previamente consolidado, si es preciso.

El tablero se coloca transversalmente; los montantes de la barandilla van ensamblados a los largueros por medio de grapas, fijas con tirafondos o pernos, y simplemente con pernos a las piezas oblicuas.

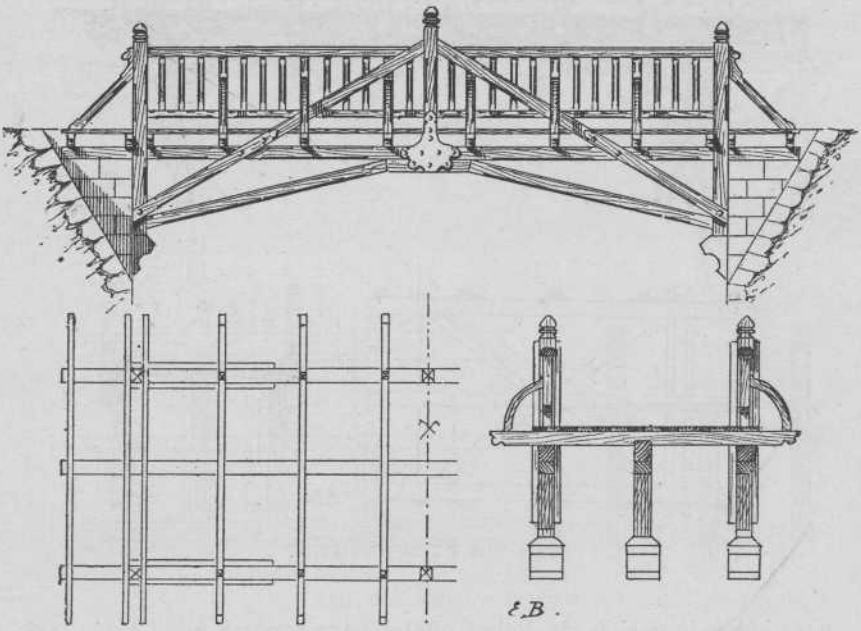
La barandilla está compuesta de traviesas, montantes cortos y diagonales, coronado todo por un pasamano moldurado. Pueden emplearse los chaflanes como en el ejemplo anterior. La figura 2127 da la sección transversal; el arriostramiento horizontal se representa en la planta (fig. 2128). Un largo tornillo pasante mantiene en sus ensamblajes este arriostramiento.

Un sistema en el que simultáneamente se utilizan pares y tornapuntas es el representado en las figuras 2129 a 2131. Estas piezas

resistentes soportan el larguero en su punto medio y en los espacios comprendidos entre este punto medio y los estribos.

Sobre los largueros se apoyan traviesas que sobresalen para servir de sostén a los contrafuertes de la barandilla, como muestra en corte la figura 2130.

La barandilla se compone: de los montantes extremos, que van adosados a los estribos y reciben los pies de los pares y tornapuntas; del montante central que hace de pendolón y está ensamblado en su pie por medio de una chapa recortada; de pequeños montantes apoya-



Figs. 2129 a 2131. — Pasarela.

dos en las traviesas y a los cuales se ensamblan los contrafuertes; de traviesas, pasamano, etc.

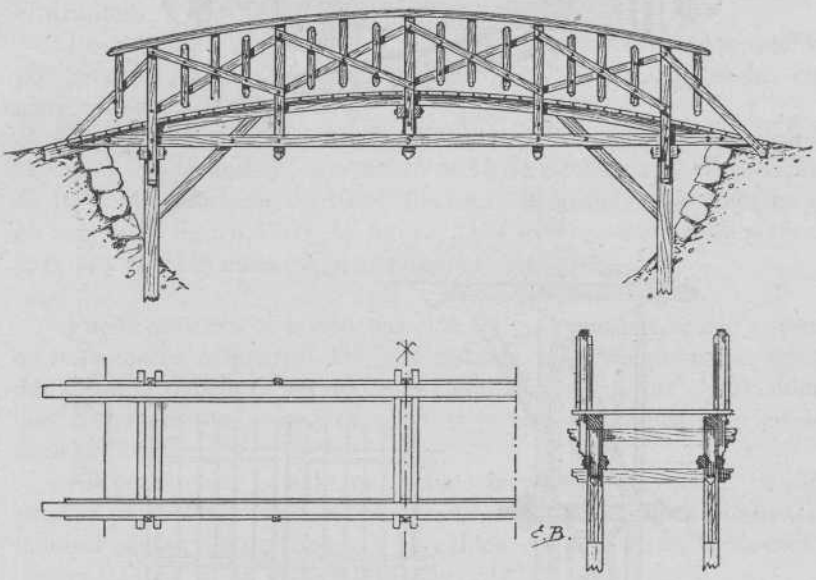
La planta de esta pasarela se representa en la figura 2131.

En las figuras 2132 a 2134 se representa una pasarela en arco, que descansa sobre pilotes. Se compone de maderas curvadas con sus extremos cogidos en un tirante-cepo, que aprisiona al mismo tiempo los pilotes, los montantes y las pequeñas bielas; los montantes de barandilla están acoplados a las bielas y van enlazados por diagonales entre las cuales van cogidos los barrotes o balaustres; sobre los montantes se ensambla el pasamano. En los pilotes se apoyan tornapuntas que alivian las piezas resistentes.

En la Exposición Universal de París, de 1900, fueron construídas algunas pasarelas muy interesantes, entre las cuales figuraban pasarelas de madera de las que daremos algunos tipos.

Las figuras 2135 a 2137 representan una pasarela de 7,80 m. de luz. Está hecha de pino blanco acepillado, con chaflanes en las aristas y cabezas y remates moldurados en los montantes. La parte inferior de las piezas horizontales que sostienen el tablero está a 5 metros por encima de la calle inferior.

Esta pasarela está compuesta de tres cerchas, que se reducen, en cuanto a las piezas principales que soportan las cargas, a un trapecio



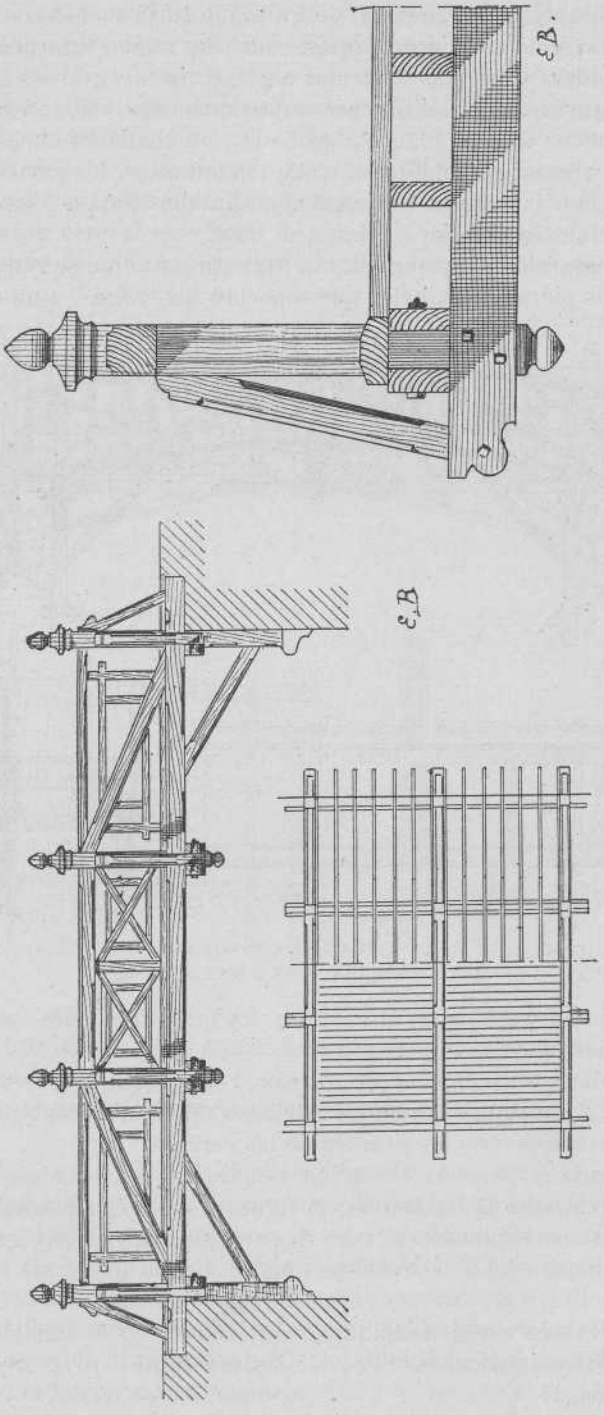
Figs. 2132 a 2134. — Pasarela.

isósceles; la base mayor es el tirante y los otros tres lados, sometidos a compresión, forman el par quebrado.

El tablero tiene 6,5 cm. de espesor, está sostenido por viguetas de 7,5 × 22 que se apoyan en los estribos y en las traviesas-cepos que forman recuadros bajo los tirantes de las cerchas.

La figura 2135 es la elevación y muestra la disposición de las piezas que forman la barandilla; la figura 2136 es la planta, que en una parte tiene levantado el tablero para mostrar el envigado; por último, la figura 2137 representa una sección transversal a mayor escala.

Los tirantes están formados por cepos de 7,5 × 22; los pares, de 18 × 18; los jabalcones, 14 × 15; los montantes, 16 × 18; las traviesas-cepos, 11 × 22 cm.



Figs. 2135 a 2137. — Pasarela.

Una pasarela destinada a comunicar dos superficies a diferente nivel por medio de escalones de acceso en un lado, está representada en las figuras 2138 a 2140. Está hecha de abeto acepillado por todas las caras, con chaflanes recortados en las esquinas, y se compone también de tres cerchas de 8 metros de luz entre apoyos; éstas están formadas por pares-cepos de 7,5 × 22 y un pendolón de 15 × 24.

Estas cerchas están separadas 3 metros entre ejes; la parte inferior está a 4,75 del nivel de la calle. El tablero está constituído por maderas de 6,5 cm. de espesor apoyadas sobre viguetas de 7,5 × 22 espaciadas 47 cm. entre ejes. Estas viguetas descansan por sus extremos sobre traviesas-cepos de 11 × 22 que forman recuadros bajo el tirante.

Los peldaños que ocupan el espacio entre cerchas están sostenidos por las contrahuellas, de una pieza, de 6,5 × 17 cm., fijas a las cerchas por escuadras de hierro.

Los pies derechos, que sirven al mismo tiempo para constituir la cercha y la barandilla, son de 15 × 15 de escuadría, y el pasamano de 10 × 14; el forjado, de 10 × 10, está dispuesto como muestra en elevación la figura 2138; la figura 2139 es una sección transversal parcial y la 2140 muestra la disposición en planta.

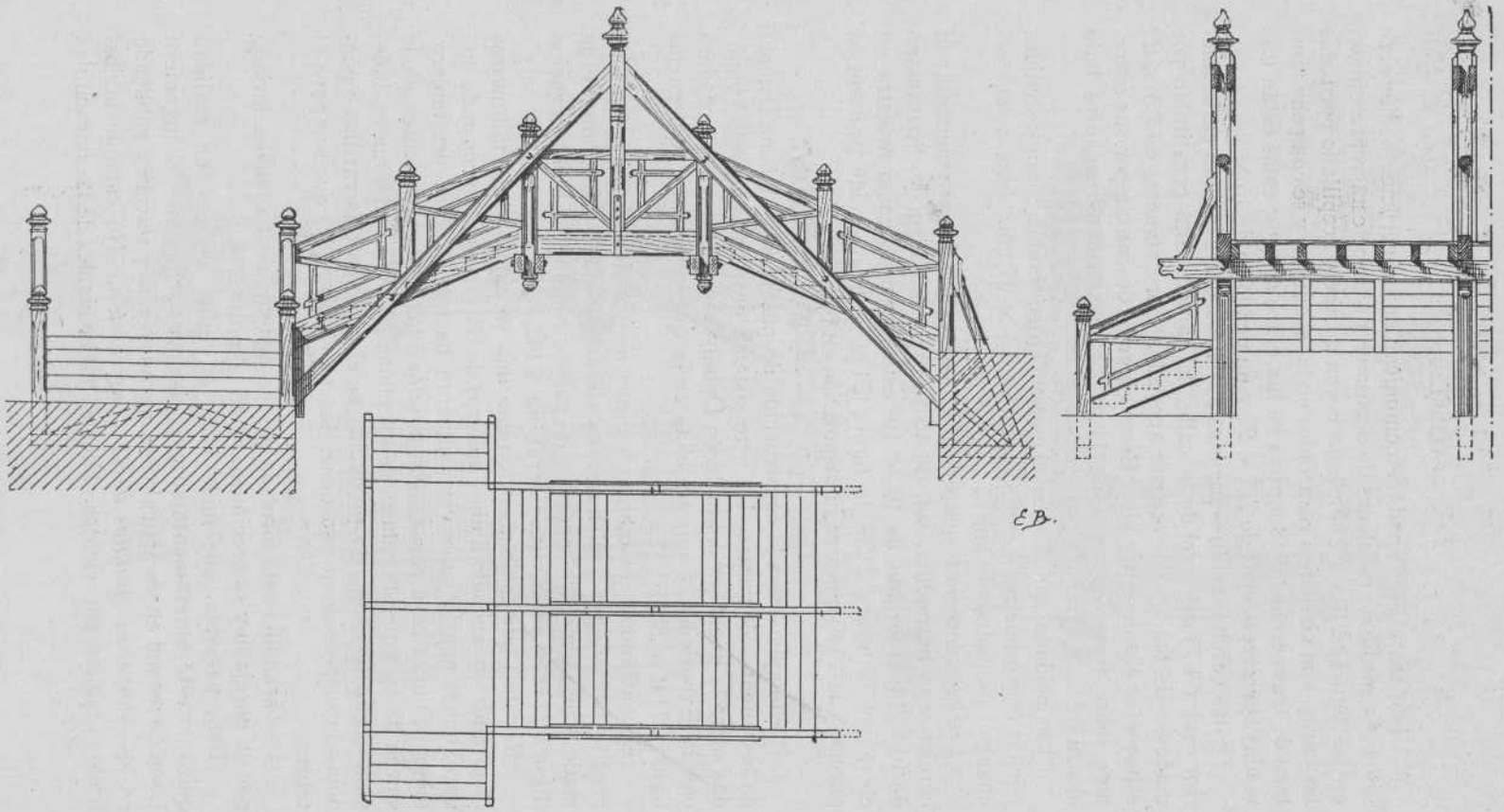
Puede aplicarse a la construcción de pasarelas el mismo sistema de los puentes colgantes. De este sistema eran las pasarelas tendidas sobre la trinchera del malecón Debilly para enlazar el Trocadero con la Exposición, y una de ellas es la que ofrecemos aquí en las figuras 2141 a 2143.

Encontrándose el tablero a cinco metros de elevación, ha sido preciso para llegar a él hacer escaleras adosadas a los *pilones* de madera que sirven de soporte a los cables, como se ve en la elevación (figura 2141) y en la vista lateral (fig. 2142).

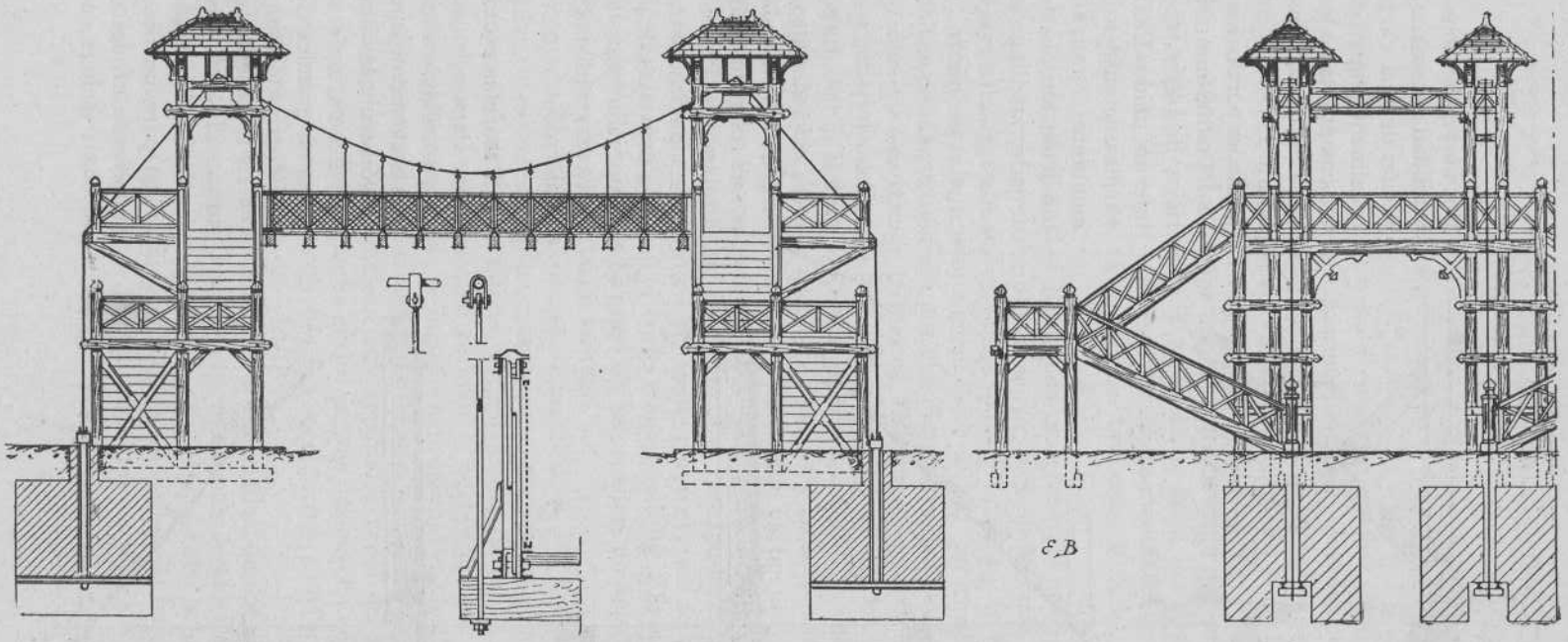
El cable, que es de acero y tiene una sección de 1183 milímetros cuadrados, va anclado a unos macizos de 35 metros cúbicos cada uno aproximadamente; sube verticalmente hasta la altura del tablero, luego se curva para pasar sobre la *silla* o los rodillos oscilantes que le sirven de apoyo en la cabeza de los pilones y sufre otra nueva inflexión según la catenaria producida en el cable por las varillas o péndolas de suspensión que sostienen las traviesas en las que se apoya el tablero.

La barandilla está formada por un sistema de diagonales forjado por un enrejado y su sección se ve en la figura 2143.

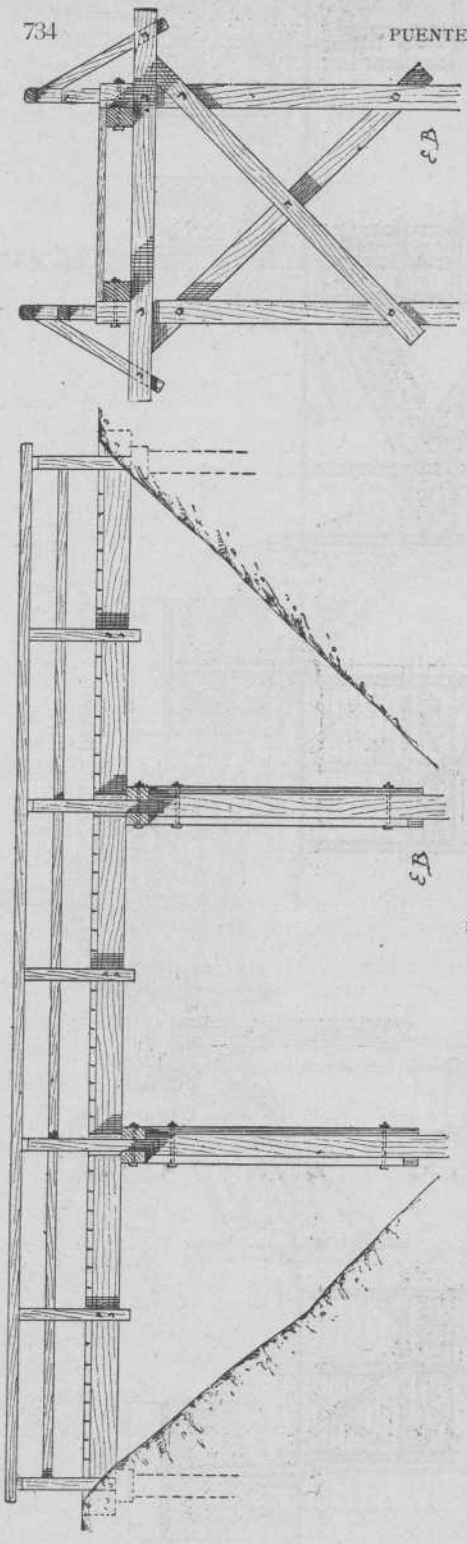
Esta pasarela, que mide 11,10 m. entre pilones, en realidad quizá no esté enteramente suspendida, pues según dice el ingeniero León Griveaud en un artículo consagrado a esta pasarela y publicado en los *Nouvelles Annales de la Construction:* «No estando arriostrado el tablero por vientos oblicuos, es la rigidez de las barandillas



Figs. 2138 a 2140. — Pasarela.



Figs. 2141 a 2143. — Pasarela colgante.



Figs. 2144 y 2145. — Pasarela.

la que proporciona la estabilidad necesaria bajo la acción de una carga desigualmente repartida. Están compuestas como indica la sección transversal, figura 2143: los cordones formados por dos hierros ⊔ de 100 × 50 mm. el superior y de 140 × 60 mm. el inferior, unidos frente a las varillas de suspensión por montantes cuadrados de fundición, huecos, de 8 cm. de lado; las diagonales de cada recuadro están constituídas por hierro redondo de 20 mm. que llevan en cada uno de sus extremos un lazo forjado; los montantes y las diagonales están además fijos a los cordones y en cada nudo por un rejón único de 5 cm. de diámetro. Las caras internas de las barandillas están provistas de paneles de enrejado engastados en las ranuras de los cuadros de hierro.»

Pasarelas provisionales. — Para terminar con las pasarelas, examinaremos brevemente la manera de construir las obras de este género necesarias a veces en grandes trabajos de construcción.

La representada en las figuras 2144 y 2145 carece de estribos de fábrica. Está hecha para unir la parte superior de los dos taludes de una trinchera, descan-

sando sus extremos sobre pilotes. Otros grupos de pilotes sostienen los dos montantes intermedios que reducen a 4 metros la luz de los largueros.

Los pies derechos extremos están cubiertos por una solera sobre la cual reposan los largueros; los intermedios están enlazados por riostras formadas de dos cepos que sobresalen para ensamblarse a los contrafuertes de las barandillas, estando además arriostrados por aspas, como se ve en el corte transversal (fig. 2145).

Según el destino y las cargas que la pasarela tenga que soportar, los pies derechos podrán tener de 20 a 25 cm. de lado; los largueros, 18 × 25 ó 20 × 30; los cepos y aspas, 11 × 22; los montantes de barandilla, 13 × 13; el pasamano, 11 × 14, y las traviesas, 10 × 10.

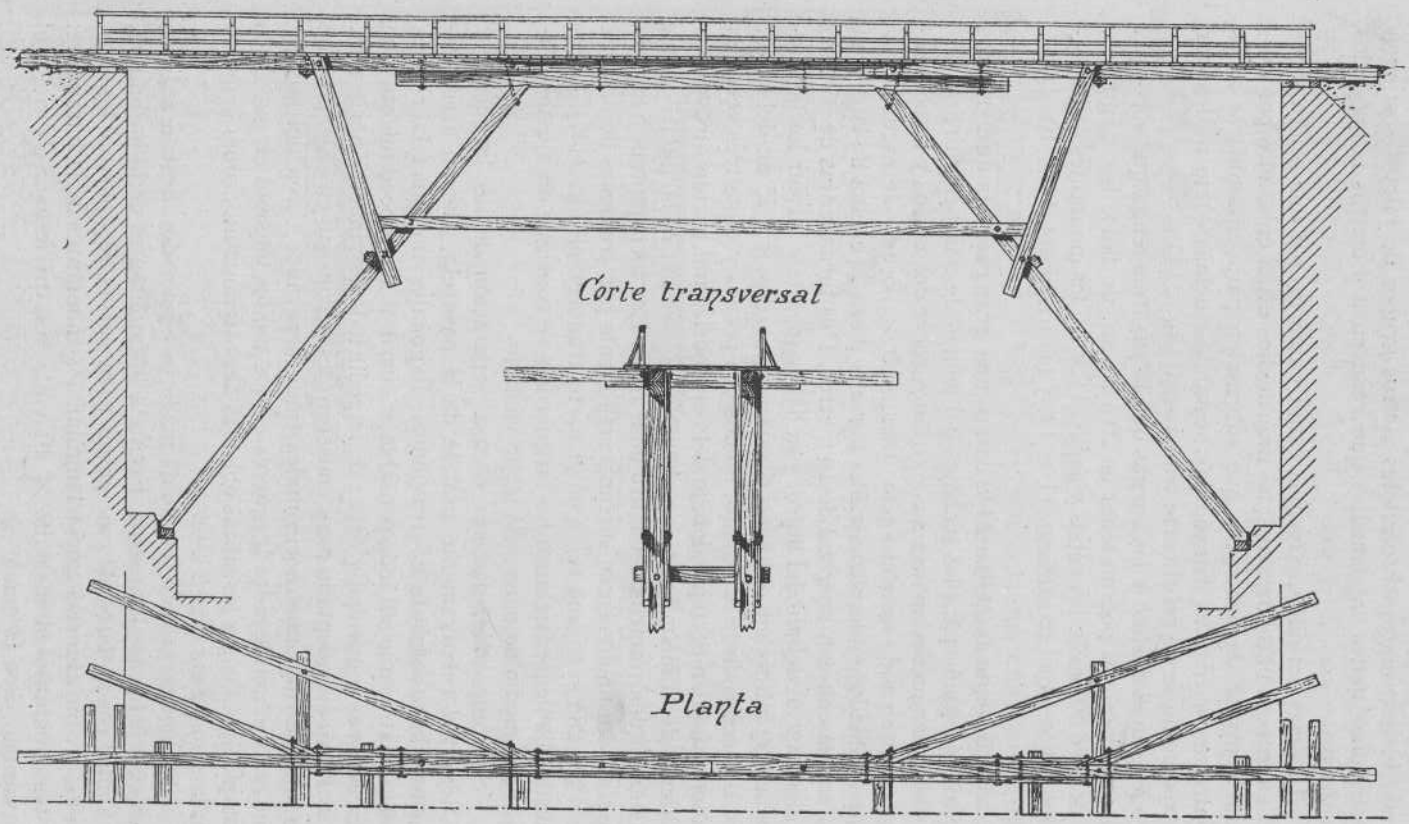
En las figuras 2146 a 2148 damos una gran pasarela de 30 metros de luz ejecutada para los trabajos del puerto de Saint-Nazaire.

Los largueros apoyan sus extremos sobre dos muros y se encuentran a 11,88 m. sobre el suelo; tienen 35 × 35 cm. de escuadría y están doblados en la parte media por una pieza de encina de la misma escuadría con una longitud de 16 metros. Dos tornapuntas de 35 × 35 que arrancan del pie del muro, van oblicuamente a aliviar los largueros a 4,50 m. del eje del vano y están enlazados, a 9,75 m. del suelo, por dos cepos de 15 × 30 cm., unidos con pernos y tacos tres veces en su longitud. Un poco por debajo del cepo horizontal parten otros cepos oblicuos de la misma escuadría que van a sostener el larguero a una distancia de 5 metros del muro de estribo. Los tornapuntas y los largueros van unidos entre sí transversalmente por traviesas de madera de 14 × 28 cm., como se ve en el corte transversal (fig. 2147). Otras piezas, llenas, entrelazan los largueros y se consigue un ajuste enérgico por medio de pernos de largo vástago.

Se comprende, dada la escasa separación de los largueros y la longitud relativamente grande de la pasarela, que un arriostramiento horizontal de contravientos diagonales no daría la rigidez necesaria, y que es indispensable recurrir a un procedimiento que ofrezca más seguridad y capaz de impedir todo movimiento horizontal.

El medio adoptado para conseguir esto consiste en el empleo de grandes tornapuntas horizontales, muy separados cerca del muro y que van a unirse a los largueros en los puntos mismos en que éstos están aliviados por las piezas oblicuas de sostenimiento, como se indica en la semiplanta (fig. 2148).

El suelo o tablero, hecho de maderos espaciados, descansa directamente sobre los largueros. Frente a los montantes de la barandilla, los maderos de 11 × 22 cm. pasan para servir de apoyo a los puntales o contrafuertes que triangulan los montantes de la barandilla; estos montantes tienen 10 × 10 cm., las traviesas 8 × 8, y el pasamano, 8 × 11 cm.

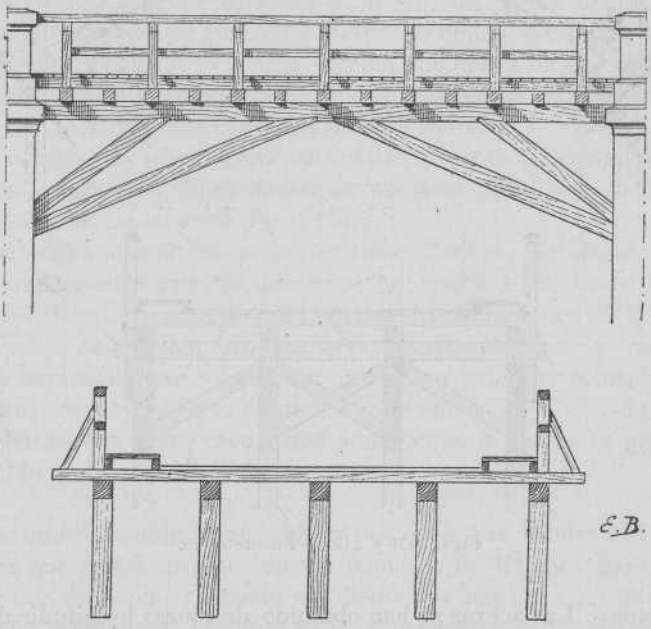


Figs 2146 a 2148. — Pasarela.

Así construída la barandilla no es muy robusta, pero debe considerarse que la pasarela está únicamente destinada al paso de los obreros y que no es de temer se agolpe una muchedumbre contra las barandillas, como suele ocurrir en las exposiciones y, en general, en todo lugar donde una atracción cualquiera haga agruparse una multitud, y no estamos en ese caso.

Puentes

Generalidades. — Un puente es una obra destinada a enlazar dos trozos de una vía de comunicación separados por un río más o menos importante, o también por otra vía transversal situada a un nivel inferior. Un puente llena la solución de continuidad de un camino o de



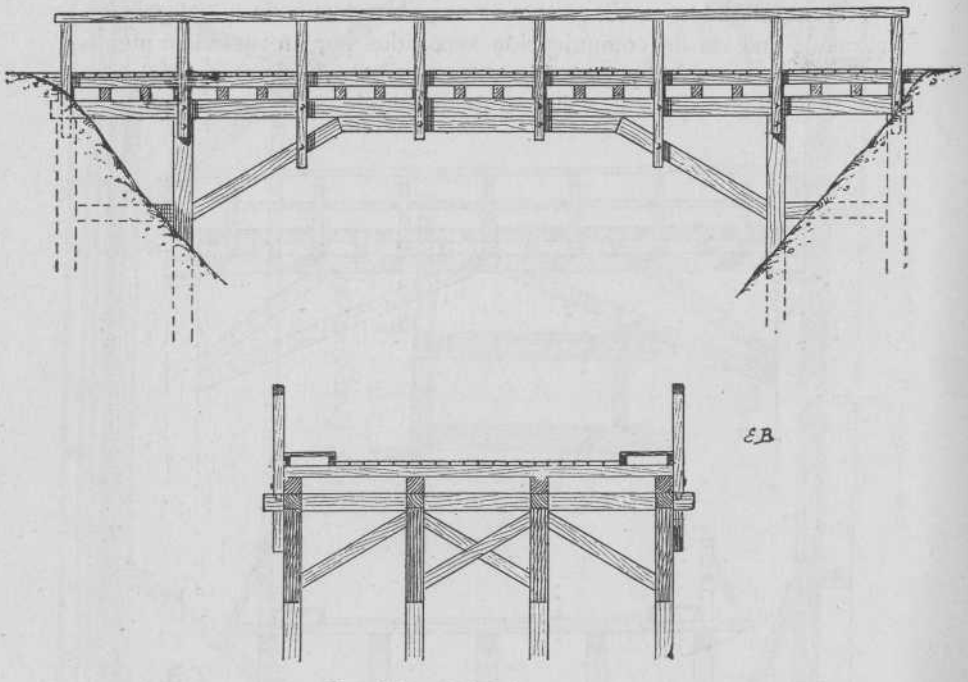
Figs. 2149 y 2150. — Puente recto.

una carretera y debe estar en condiciones, de ancho y de solidez, para permitir el paso de peatones, coches y carros en condiciones absolutamente iguales que la carretera.

Por ser la madera un material esencialmente putrescible, va siendo abandonada cada vez más en la construcción de puentes, y si se emplea alguna vez es sólo por razones de economía. Hay puentes fijos, puentes basculantes o giratorios y puentes volantes, consti-

tuídos por barcas o por cualquier otro medio que permita montarlos y desmontarlos con rapidez. Aquí no nos ocuparemos más que de los primeros.

Puentes rectos. — Sobre estribos de mampostería, el puente que damos en las figuras 2149 y 2150 puede servir para una luz de 8 metros aproximadamente; está compuesto de cinco largueros sostenidos por tornapuntas. Por encima de los largueros se ponen traviesas que sobresalen para poder apuntalar la barandilla compuesta de montantes, traviesas



Figs. 2151 y 2152. — Puente recto.

y pasamanos. Las aceras se han obtenido de piezas longitudinales que proporcionan la elevación necesaria, y el tablero está simplemente clavado a las piezas que lo soportan.

La figura 2150 da la sección transversal.

De mayores dimensiones y sin estribos, el ejemplo que representamos en las figuras 2151 y 2152 tiene un carácter esencialmente provisional. Descansa sobre pilotes y el larguero está sostenido por jabalcones apoyados contra los extremos de una sopanda que dobla el larguero en su parte central, es decir, en el punto en que el momento flexor es más considerable.

La barandilla está aplicada contra los largueros y mantenida por medio de pernos. El resto es de la misma construcción que el ejemplo anterior. La figura 2152 es la sección transversal.

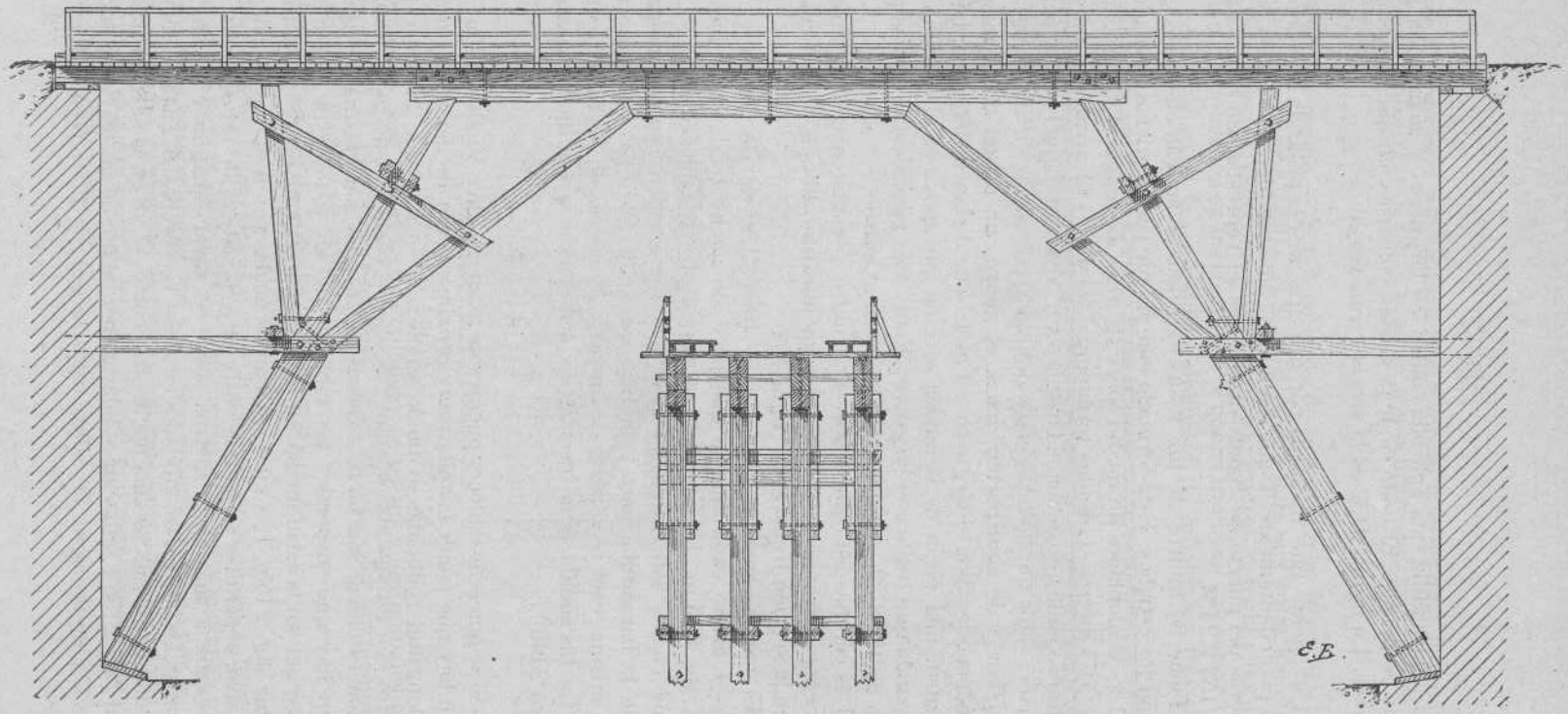
Un puente que recuerda por su estructura la pasarela que hemos dado precedentemente, y que además ha sido también construído para las obras del puerto de Saint-Nazaire, es el representado en las figuras 2153 y 2154.

Tiene 30 metros de luz y sus extremos se apoyan en muros que forman los estribos. Está formado este puente por largueros de madera de 32 × 32, doblados en medio sobre 16,20 m. de longitud y triplicados sobre 5,75 metros. Grandes tornapuntas de 42 × 42 arrancan del pie del muro yendo a sostener el larguero a 8 metros de aquél por su parte superior; estos tornapuntas están doblados por abajo en una longitud de 8,50 m. y de aquí parten, hacia el apoyo, un puntal de la misma escuadría que alivia el larguero a 4 metros de distancia del muro; hacia el centro, una pieza de la misma sección que apoya en el extremo de la sopanda que triplica el larguero. Estas tres piezas están unidas por cepos de 18 × 32, y otros cepos las unen al muro.

Las cerchas así compuestas son cuatro y están enlazadas entre sí por cepos y traviesas como muestran nuestros dibujos y particularmente la sección transversal (fig. 2154).

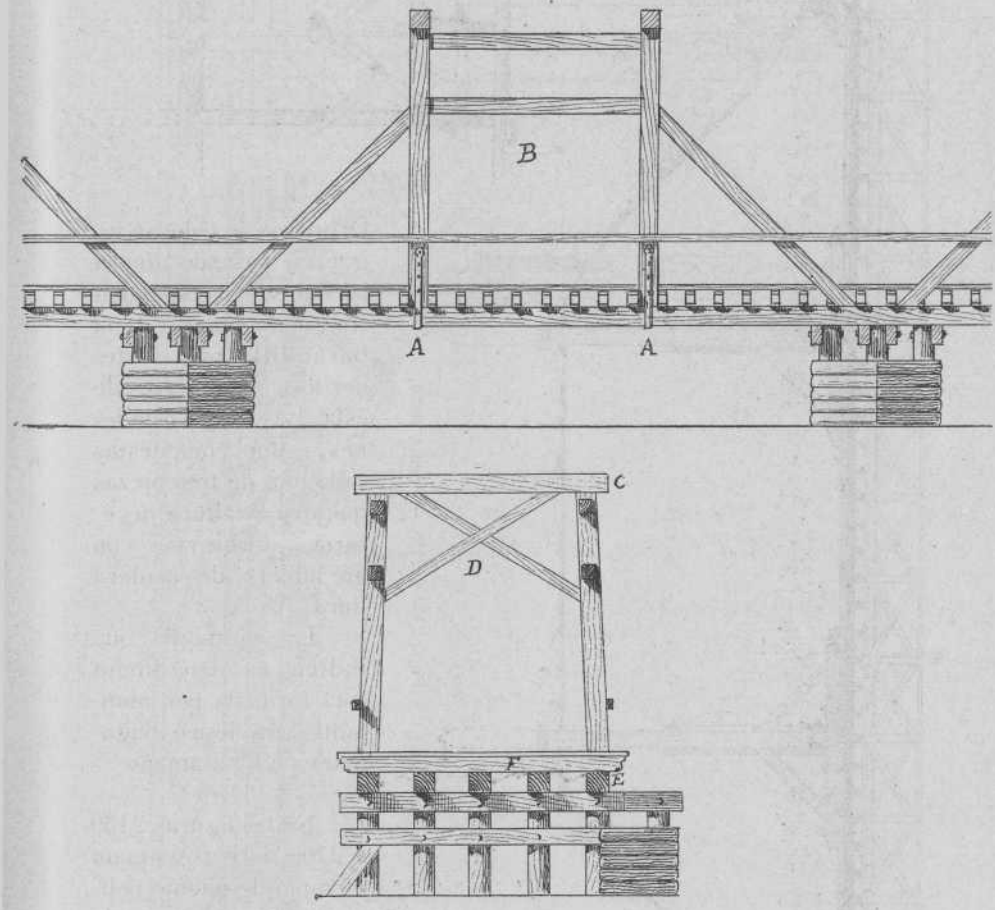
El camino central para carros tiene 2,50 m. de ancho y las aceras 1 metro cada una, lo que hace un ancho total, entre barandillas, de 4,50 m. El tablero está compuesto de tablones de 11 × 22, de los cuales sobresalen los que se corresponden con los montantes de la barandilla, para constituir un apoyo para los contrafuertes de la misma; está recubierto de un suelo de encina de 5 cm. de espesor. La barandilla tiene escuadrías semejantes a las de la pasarela (figura 2146).

«Si se quiere establecer puentes de madera—dice Viollet-le-Duc,—o bien hay que poner las pilas muy próximas a fin de dar a los tramos una longitud reducida, evitando su flexión, o hay que armar estos tableros con tornapuntas bastante inclinados para resistir esta flexión, y entonces elevar mucho las cabezas de las pilas por encima del agua; o bien hay que suspender los tableros de un sistema de cerchas.» Parece que en la edad media fué adoptado frecuentemente este último sistema (fig. 2155). Las pilas estaban formadas por tres filas de pilotes y estaban separadas 12 metros entre ejes; la cabeza de estos pilotes no se elevaba a más de 2 metros sobre el nivel del agua y encima se colocaban los largueros, aliviados en *A* por las cerchas *B*. Estas cerchas, ligeramente inclinadas una hacia otra, como se ve en la sección transversal (fig. 2156), se hacían solidarias por medio de las traviesas superiores *C* y de las aspas *D*. Sobre estos largueros *E* se ponían fuertes



Figs. 2153 y 2154. — Puente.

viguetas *F* y encima los maderos que constituían el tablero. Estas obras presentaban una gran rigidez, pero no podían subsistir mucho tiempo sin deteriorarse y apenas se tendían más que sobre ríos cuyas crecidas eran de escasa consideración.

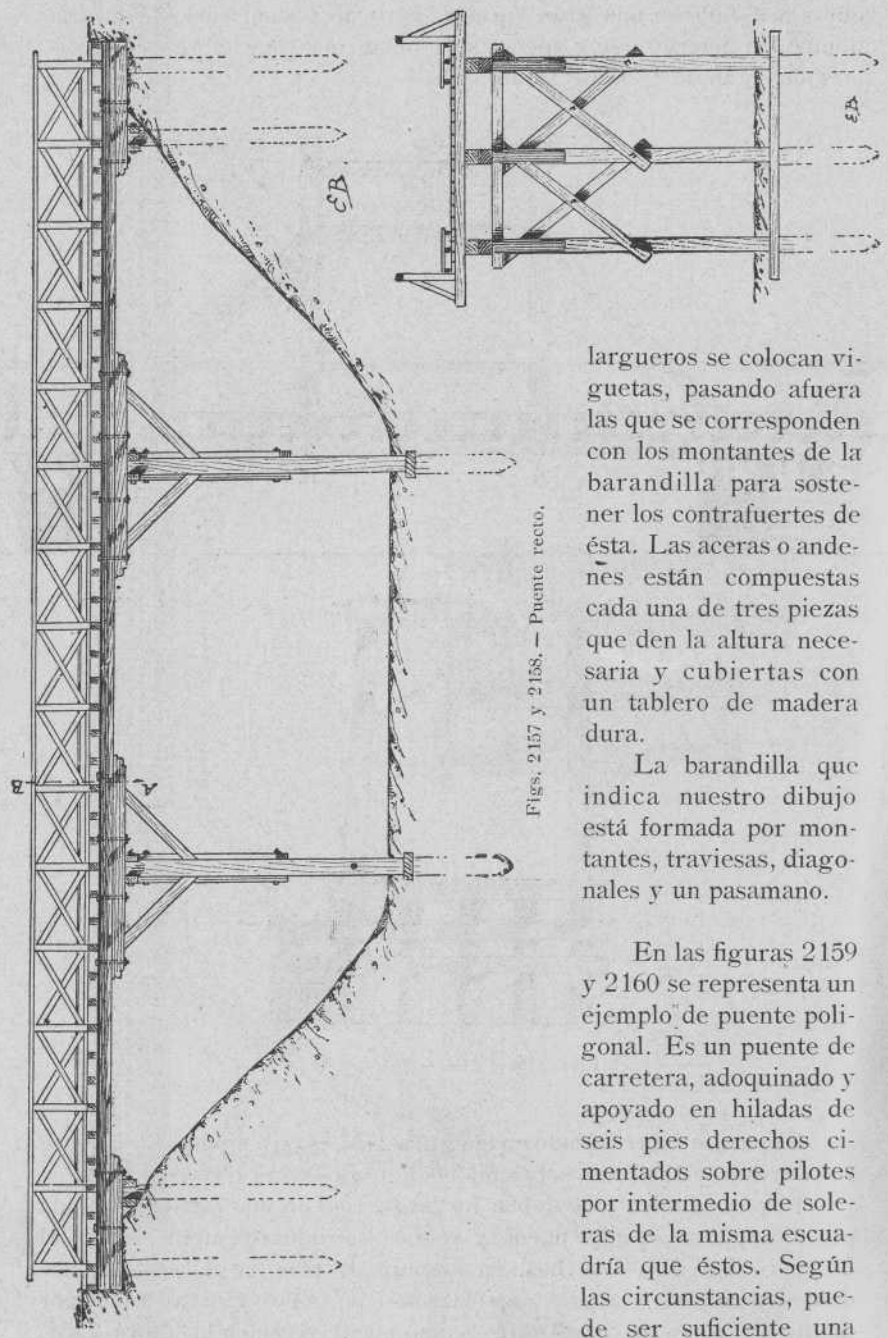


Figs. 2155 y 2156. — Puente recto.

El puente representado en la figura 2157 es otro ejemplo de puente sin estribos, establecido sobre pilotes hincados en el terreno.

El procedimiento de doblar los largueros con una zapata sostenida por tornapuntas es muy bueno y reduce considerablemente la luz del larguero. Los pies derechos, en número de tres en el caso que nos ocupa, tienen sus cabezas entrelazadas con cepos y arriostradas por medio de cruces de San Andrés, como puede verse en la figura 2158. Hincados los pilotes y cortadas sus cabezas a nivel, se establece sobre

ellos una solera sobre la cual descansan los pies derechos. Encima de los



Figs. 2157 y 2158. — Puente recto.

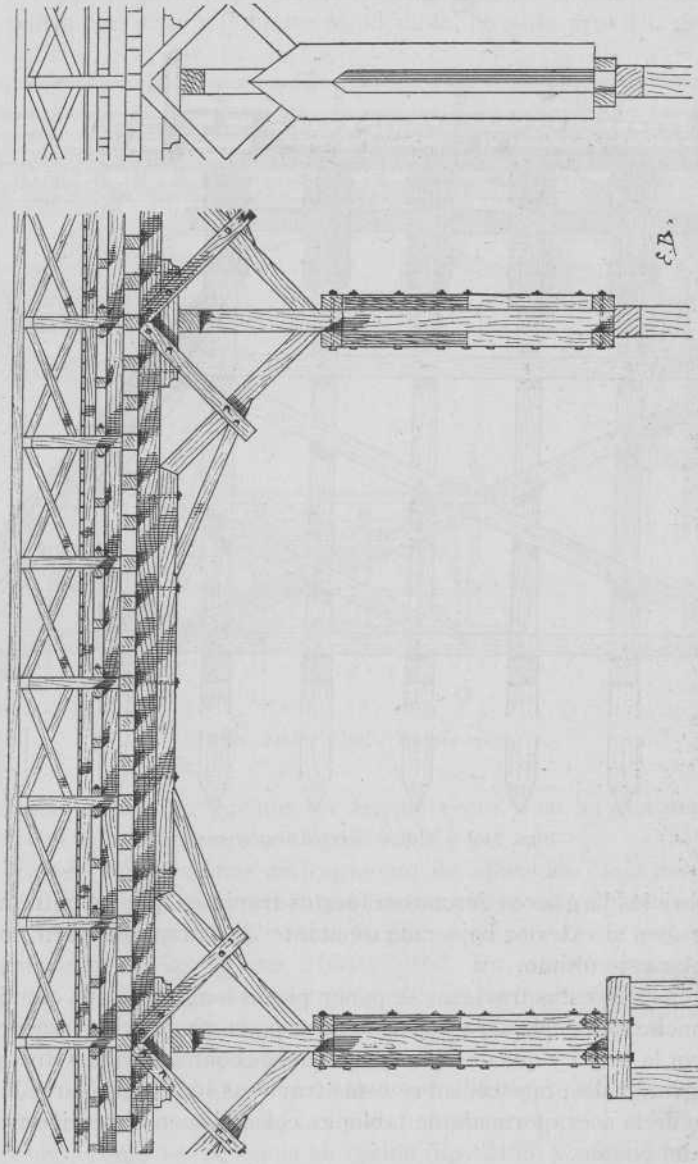
largueros se colocan viguetas, pasando afuera las que se corresponden con los montantes de la barandilla para sostener los contrafuertes de ésta. Las aceras o andenes están compuestas cada una de tres piezas que den la altura necesaria y cubiertas con un tablero de madera dura.

La barandilla que indica nuestro dibujo está formada por montantes, traviesas, diagonales y un pasamano.

En las figuras 2159 y 2160 se representa un ejemplo de puente poligonal. Es un puente de carretera, adoquinado y apoyado en hiladas de seis pies derechos cimentados sobre pilotes por intermedio de soleras de la misma escuadría que éstos. Según las circunstancias, puede ser suficiente una hilada de pilotes para cada pila, como indicamos a la derecha, o bien

dos hiladas, según se ha dibujado a la izquierda, cuando lo exija la naturaleza del terreno.

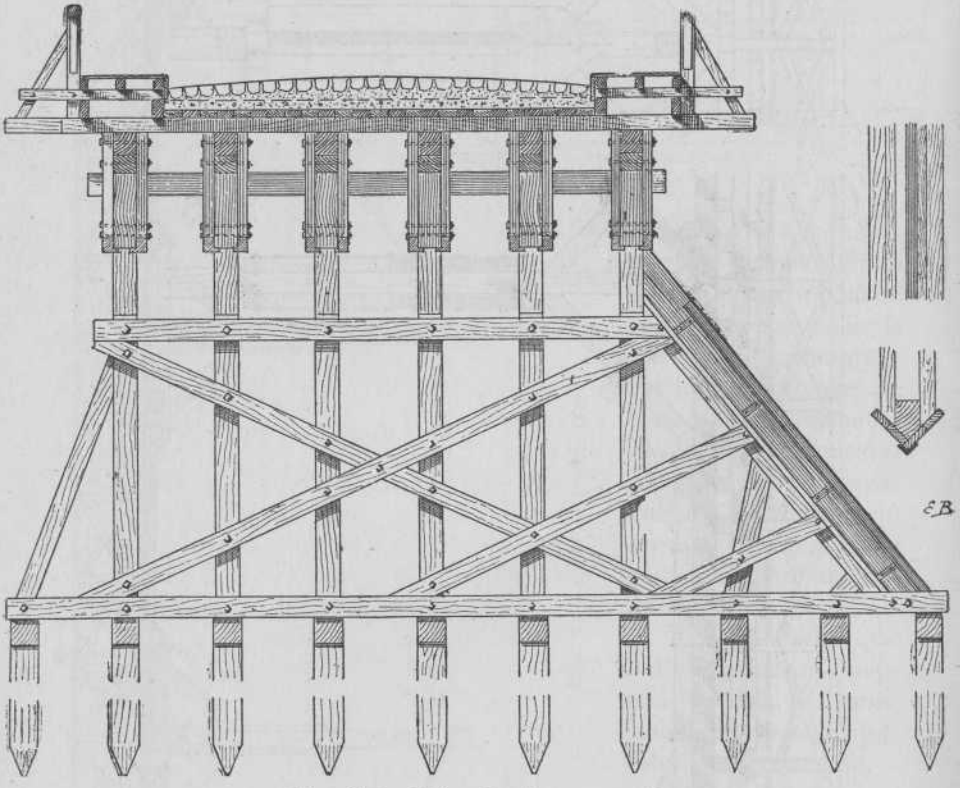
El puente se compone de largueros aliviados por las zapatas o capi-



Figs. 2159 y 2160. — Puente recto.

teles que se ponen sobre los pies derechos, y en medio por un sublarguero o sopanda cuyos extremos apoyan a tope con los de dos tornapuntas que refieren la carga al punto de apoyo vertical. Dos jabalcones

de menor escuadría contribuyen aún a consolidar el ángulo formado por estas últimas piezas. Para evitar que los jabalcones provoquen una flexión en los tornapuntas, se aprisionan éstos en cepos oblicuos que se ensamblan al larguero sobre la cabeza del pie derecho.



Figs. 2161 y 2162. — Sección transversal.

Sobre los largueros descansan fuertes traviesas que los entrelazan y sobresalen al exterior bajo cada montante de barandilla para poder triangular este último.

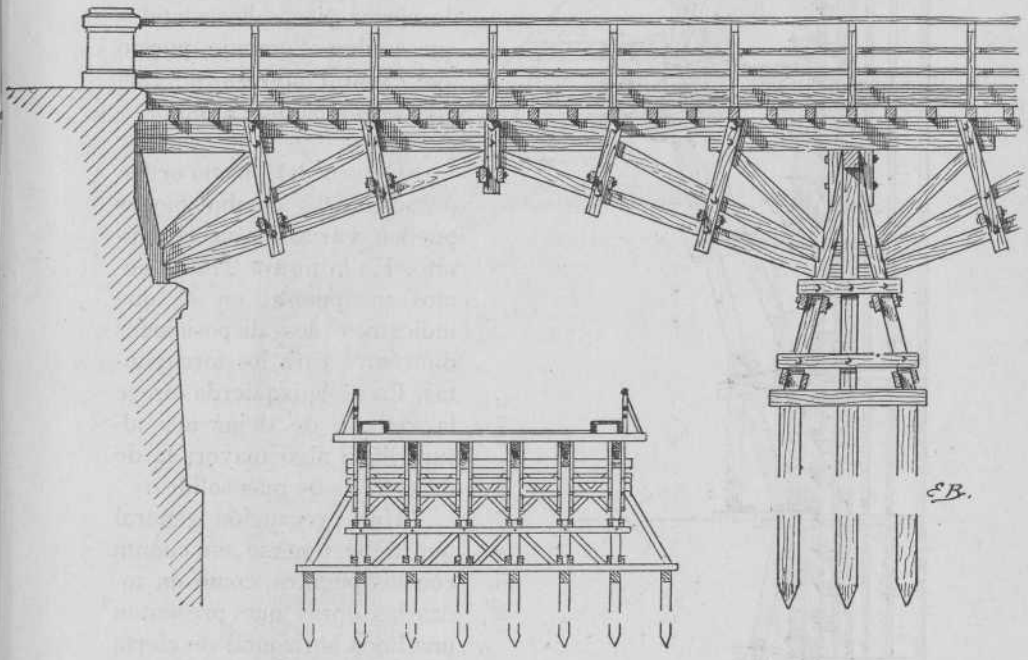
Encima de estas traviesas se ponen piezas longitudinales que limitan el ancho de la calzada y soportan otras pequeñas traviesas sobre las cuales va la acera y que encepan los pequeños contrafuertes. Otras piezas longitudinales, puestas sobre estas traviesas secundarias, recibirán el suelo de la acera formado de tablones colocados en el sentido transversal del puente.

La figura 2160 es la elevación por el lado aguas arriba.

La calzada está formada por un tablero de tablones recubierto por una capa de hormigón de cemento, otra capa de arena y un adoquinado (fig. 2161). Esta figura muestra una pila de carpintería destinada

a soportar una parte del puente. Hemos figurado en ella aguas arriba un tajamar, cuyos empujes se refieren por entero a los pilotes al nivel del fondo del río, por medio de cepos que trabajan como tornapuntas.

Para proteger el tajamar contra el choque de los objetos arrastrados por la corriente y flotantes en el agua, ha sido provisto de grue-



Figs. 2163 y 2164. – Puente recto.

sas tablas de encina puestas en ángulo recto y se ha guarnecido su arista con un hierro angular (fig. 2162).

En esta figura damos un fragmento de elevación en la parte alta, y abajo, la sección transversal que muestra la sección del herraje.

Otro sistema para aliviar los largueros por medio de tornapuntas se representa en las figuras 2163 y 2164. En esta combinación hay esfuerzos de flexión sumamente pequeños en los largueros, pero, por el contrario, los esfuerzos de compresión que soportan son considerables, lo mismo que los tornapuntas.

La construcción de este puente es sensiblemente semejante a la de los anteriores. No obstante, las pilas merecen especial atención. Se componen, como se ve en la elevación (fig. 2163) y corte transversal (figura 2164), de tres filas de ocho pilotes cada una; estos pilotes van coronados por soleras transversalmente a la corriente del agua y sobre ellas descansan los postes inclinados y verticales que forman el apoyo. Estos postes están enlazados en los dos sentidos por medio de cepos

y arriostrados por tornapuntas y cruces de San Andrés. El enorme empuje de los tornapuntas que alivian los largueros haría curvarse los postes oblicuos a los que se ensamblan, si no estuviesen calzados por medio de cortas piezas horizontales que anulan el empuje, puesto que existe equilibrio de cargas a cada lado de la pila.

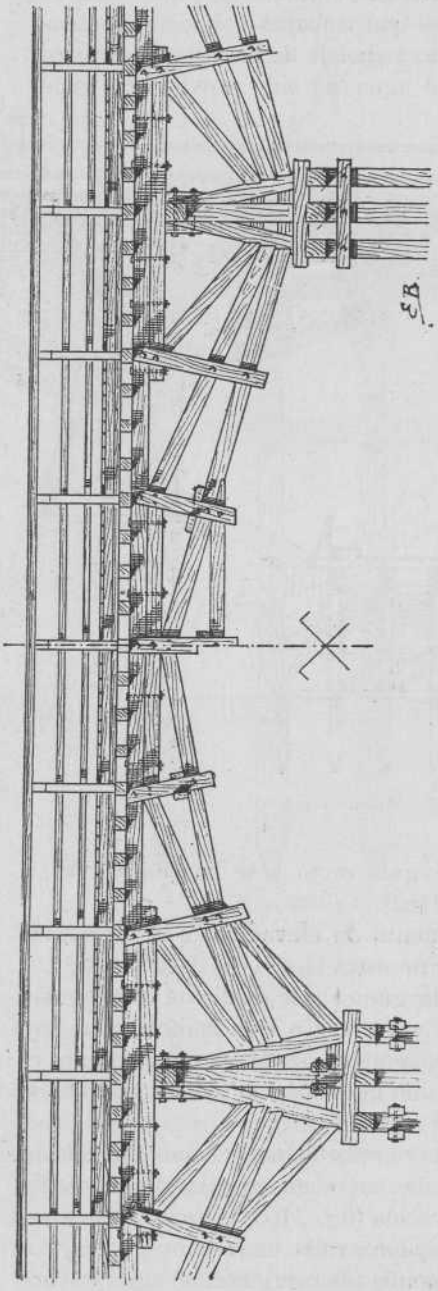


Fig. 2165. — Puente recto.

Dentro del mismo orden de ideas, las combinaciones pueden variar hasta el infinito. En la figura 2165 tenemos un puente en el que indicamos dos disposiciones diferentes para los tornapuntas. La de la izquierda ofrece la ventaja de dejar una altura libre algo mayor; la de derecha es de más solidez.

Una precaución general que debe tenerse en cuenta con los puentes, como en todas las obras que presentan una línea horizontal de cierta extensión, es la de dar un cierto peralte o bombeo entre los dos apoyos: primeramente, porque una recta horizontal parece siempre arqueada hacia abajo, y después, porque a consecuencia de la presión en los ensambles y hasta sobre los materiales, según la posición en que se presentan al esfuerzo, se produce siempre una contracción y por tanto un asiento que puede preverse y corregirse por adelantado.

Puentes de tablero curvo. — Puede hacerse curvo el tablero mismo del puente cuando se está

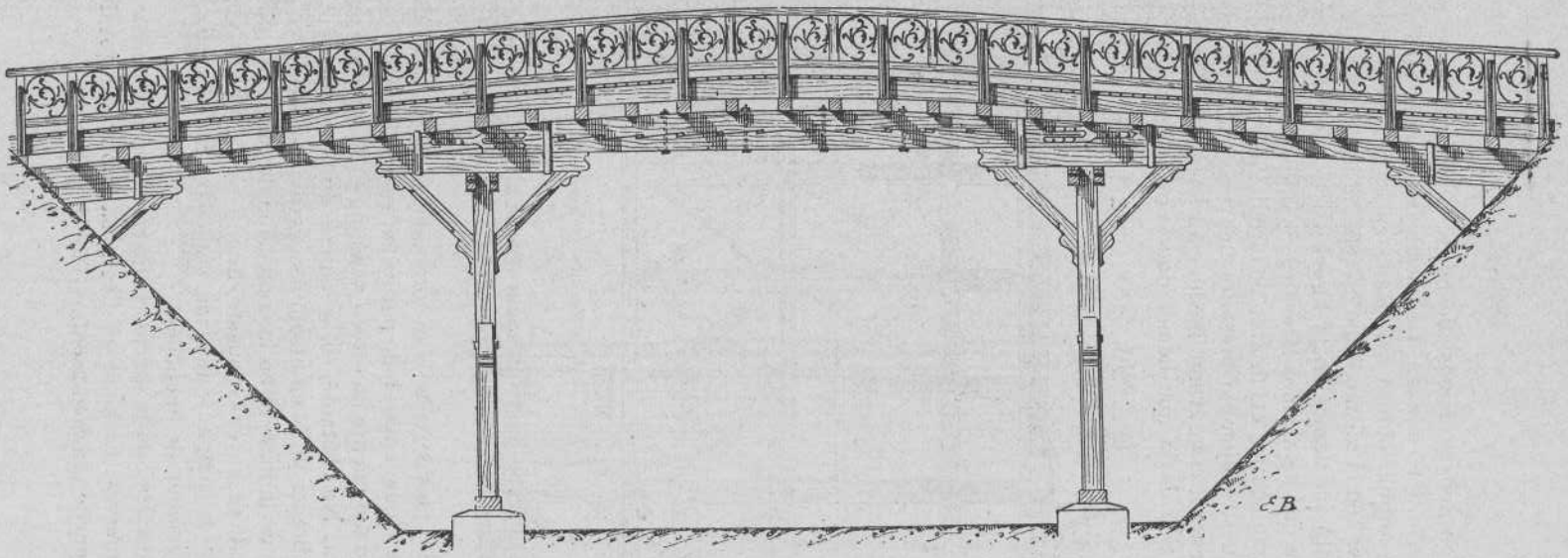


Fig. 2166. – Puente curvo.

obligado, con apoyos demasiado bajos, a dejar bajo el puente una altura de paso determinada. La forma del puente puede ser entonces la de un ángulo obtuso suavizado en el vértice por una curva, o bien trazarse con el mismo radio en toda su longitud.

El puente que damos en la figura 2166 es de la primera forma citada, o sea que los tramos laterales están formados por rampas suaves y el tramo central es un arco de círculo de gran radio.

Pero nuestro ejemplo presenta una particularidad de construcción: el larguero, cuyo tramo medio está formado por una viga compuesta del tipo de la que hemos dado en la figura 281, se adelgaza

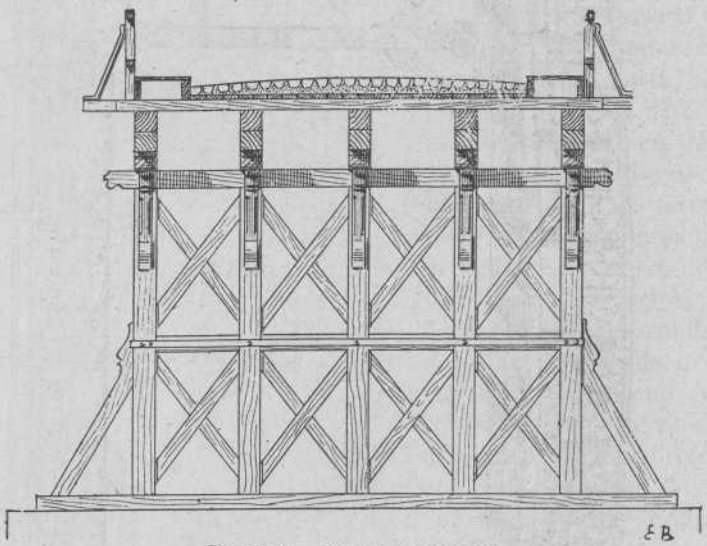


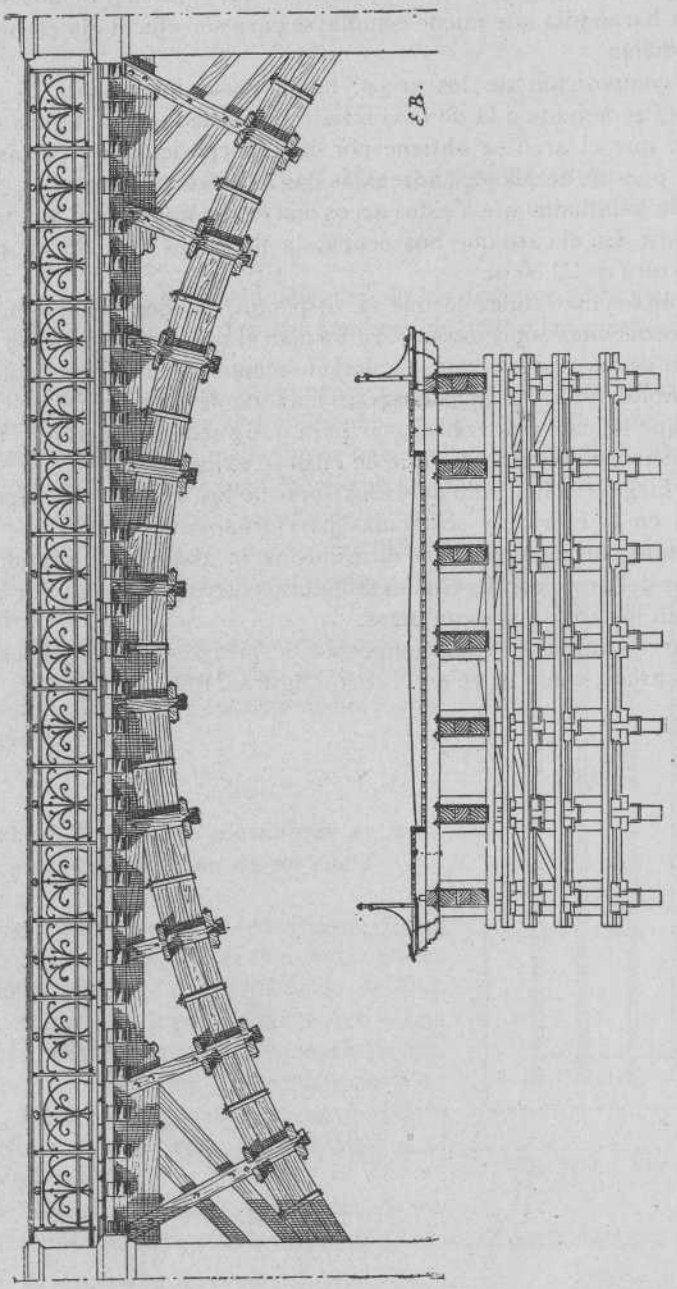
Fig. 2167. — Sección transversal.

hacia el pie derecho hasta alcanzar sólo la altura de la sección del larguero del tramo extremo; un herraje de horquilla une las piezas en este punto.

Todos los pies derechos van coronados por un capitel sostenido por tornapuntas y que, embridado por los largueros, se opone a la flexión.

El resto del puente no ofrece nada digno de mención que no hayamos visto ya. No obstante, si se quiere decorar un poco esta obra, sería fácil obtener un buen efecto decorativo por el empleo simultáneo del hierro y de la madera en la confección de la barandilla. Es lo que hemos tratado de hacer en nuestro dibujo, en que el motivo elegido es sólo a título de simple indicación y que podrá ser tratado de otro modo, por ejemplo, de fundición.

La figura 2167 da la sección transversal de este puente y muestra su arriostramiento. Como se ve, descansa sobre macizos de mampostería, pero puede también asentarse sobre pilotes.



Figs. 2168 y 2169. — Puente de Ivry.
El arco está constituido por maderas curvadas como las cerchas sistema Emy.

Puentes de arco. — El ejemplo de puente en arco que ofrecemos en las figuras 2168 y 2169 es el puente de Ivry, al cual hemos adaptado una barandilla que puede estudiarse para ser ejecutada en hierro o en fundición.

La composición de los arcos, única parte interesante de este puente, es semejante a la de la cercha representada en la figura 694, es decir, que el arco se obtiene por la superposición de piezas de madera, puestas de plano y apretadas con estribos y cepos.

Se da habitualmente a estos arcos una flecha mínima igual a $^1/_8$ de la abertura. En el caso que nos ocupa, la flecha es de 3,48 m. para una abertura de 22,50 m.

Según los materiales de que se disponga, pueden ponerse más o menos piezas unas sobre otras para formar el arco; cuanto menor sea el espesor de las maderas, más fácilmente toman la curva necesaria sin que sus fibras estén forzadas hasta un máximo de extensión y de compresión que no conviene sobrepasar para que puedan soportar en buenas condiciones los esfuerzos que de ellas se exijan.

Los largueros han sido doblados junto a los apoyos por zapatas ancladas en la fábrica y sostenidas por tornapuntas. Los arcos van aprisionados por cepos oblicuos dirigidos hacia abajo y en sentido de los radios del arco, con ligeras entalladuras; otros cepos transversales entrelazan los arcos unos con otros.

El arriostramiento está compuesto de piezas oblicuas colocadas sobre los arcos, como se ve en el corte, figura 2169.

CAPÍTULO XXIV

Las maderas de carpintería

A medida que hemos ido estudiando los distintos trabajos, hemos procurado en lo posible dar los nombres de todas las piezas componentes.

No obstante, hemos creído oportuno volver sobre el particular, a lo menos para algunas especialidades, porque en ellas la determinación de los nombres de cada objeto hubiera ocasionado alargamientos y prolijidades nocivas para la claridad y concisión que son necesarias para que el texto no resulte de lectura fatigosa y no perjudique a la consulta rápida y fructuosa del libro, tanto en cuanto al texto como por las figuras.

A continuación damos las diferentes maderas, sus densidades, forma de troceado, cubicación, defectos y enfermedades y conservación.

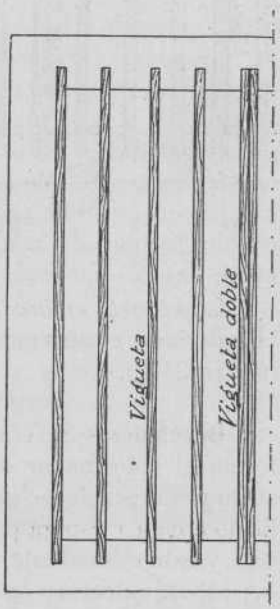


Fig. 2170. — Viguetas.

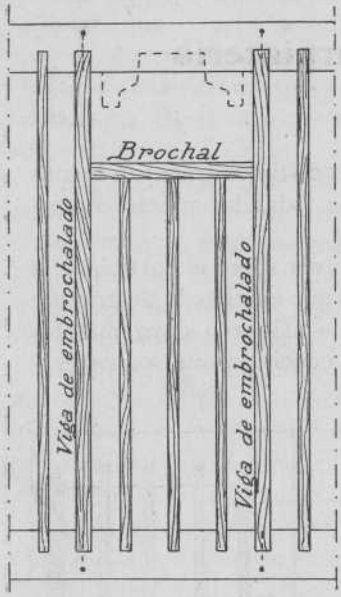
Nombres de algunas piezas que entran en la composición de un suelo

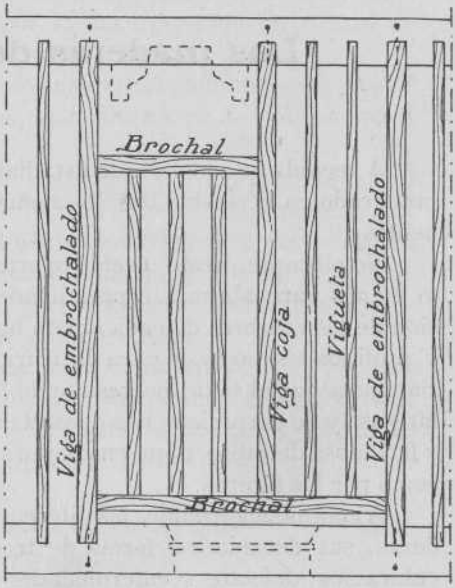
Viguetas.—Son piezas sacadas de tronco entero o aserradas, de sección rectangular, puestas de canto, y a una distancia de 33 a 50 cm. entre ejes, según la carga que deban soportar. Sus extremos se apoyan en los muros, en las carreras de los entramados o en vigas. Reciben por encima el entarimado o el suelo, y por debajo el enlistonado y el cielorraso (fig. 2170).

Se llaman *viguetas gemelas* dos viguetas yuxtapuestas colocadas en un suelo para soportar un tabique ligero.

Viguetas embrochaladas.—Se llaman *viguetas embrochaladas* a las viguetas comúnmente de mayor escuadría, y que están destinadas

a sostener un brochal sobre el que se ensamblan y apoyan viguetas de menor longitud. Van colocadas de ordinario a los dos lados de una *tolva* o espacio vacío reservado en el suelo frente a un *nicho* de chimenea, por ejemplo (fig. 2171). Sus extremos van anclados en los muros y soportan el brochal por medio de estribos.





Figs. 2171 y 2172. — Viguetas embrochaladas.

La *vigueta embrochalada coja* tiene un extremo empotrado como la anterior y el otro ensamblado a un brochal o a un falso durmiente (figura 2172).

Brochales.—Se entiende por *brochal* una pieza de madera que forma el lado mayor de la *tolva* o *embrochalado* que se deja en un suelo para establecer el atrio de una chimenea. El brochal va ensamblado a caja y espiga por sus dos extremos a las viguetas embrochaladas, y este ensamblaje se refuerza a veces con un estribo, soportando las cabezas de las *viguetas cojas* interrumpidas por la tolva.

Cuando ésta se encuentra en un ángulo, el brochal se apoya por un extremo en la vigueta embrochalada y el otro va empotrado en el muro. El brochal no es exclusivo de las aberturas de chimenea, sino que se adopta para todas las aberturas de los suelos.

Se llama *falso brochal* un brochal situado detrás del primero y que sirve para llenar el espacio libre entre el brochal y el muro. Puede ensamblarse por sus extremos como el brochal, pero no soporta

ninguna pieza ensamblada y es generalmente de menor escuadría, no siendo otra cosa que una vigueta ensamblada de pequeña luz (fig. 2173).

Cuando se trata de buscar un apoyo a las viguetas frente a un hueco de un muro o a un conducto de humos, por no tener el muro en este punto la necesaria resistencia, se emplea también un brochal o falso durmiente, separado del muro únicamente unos 15 cm. Este brochal se ensambla del mismo modo a dos viguetas embrochaladas y soporta las viguetas cojas que por su otro extremo van empotradas en el muro.

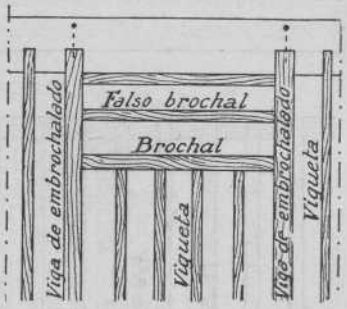


Fig. 2173. – Falso brochal.

Viguetillas. — Son pequeñas viguetas de relleno ensambladas entre dos brochales o apoyadas en un muro por un extremo y ensamblado el otro a un brochal (fig. 2174).

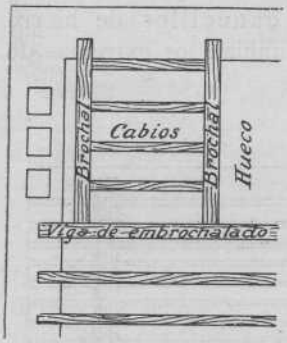
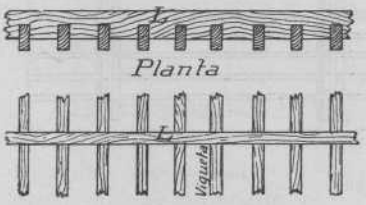


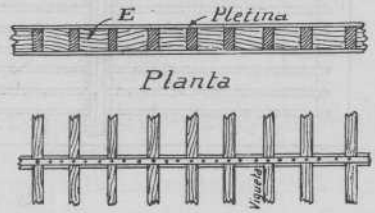
Fig. 2174. – Viguetillas o cabios.

Nervios. — Cuando las viguetas tienen una longitud relativamente grande, y sobre todo cuando son procedentes de aserrío, tienen tendencia a curvarse y retorcerse; entonces se adapta transversalmente a las viguetas una pieza con entalladuras a medio espesor frente a cada vigueta. Esta pieza sirve de riostra, manteniendo al mismo tiempo las distancias y la rigidez de la forma (figs. 2175 y 2176). Los *nervios L* se fijan sobre las viguetas por medio de clavijas de hierro y a veces de pernos, que oprimen viguetas y nervios unos contra otros.

Los nervios constituyen a veces un obstáculo a causa de su altura



Figs. 2175 y 2176. – Nervios.



Figs. 2177 y 2178. – Riostras.

sobre el envigado, por ejemplo, en el caso de que se quiera aplicar directamente el entarimado sobre las viguetas. He aquí un medio de

evitar este inconveniente: se ponen en los intervalos de las viguetas trozos de tabla bastante gruesa y de la altura de aquéllas, y encima de todo se aplica un fleje de hierro con agujeros para los tornillos o clavos de fijación sobre viguetas y riostras. Unicamente el fleje sobresale por encima de la vigueta, pero podría embutirse si fuera preciso.

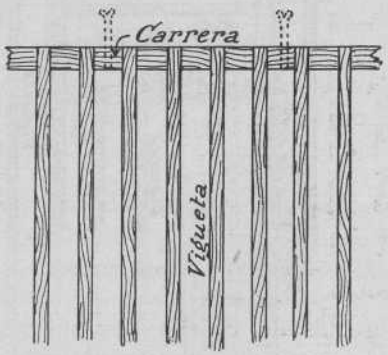


Fig. 2179. — Durmiente o carrera.

Las *riostras E* (figuras 2177 y 2178) deben cortarse con gran precisión y colocarse ligeramente forzadas.

Durmientes. — Un *durmiente* o *carrera* es una pieza de madera aplicada contra un muro al que va unida mediante un perno empotrado, estribos empotrados igualmente o canecillos de hierro (figura 2179) y sobre la cual se apoyan y ensamblan los extremos de las viguetas (véanse figuras 314, 316 y 319).

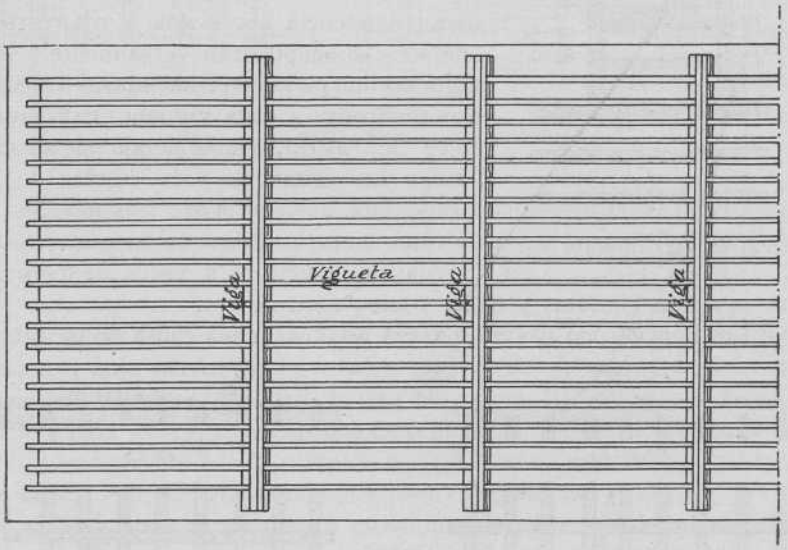


Fig. 2180. — Vigas.

Vigas. — Las *vigas* son piezas de gran escuadría que se emplean para reducir la luz de las viguetas, cuando ésta es demasiado grande (figura 2180). Véanse las figuras 339 a 356. Se llama también *puente*

a una viga destinada a un gran vano, como un hueco de tienda, por ejemplo.

En los suelos de *enrayado* hay piezas que llevan nombres distintos de los de las piezas que acabamos de examinar. En la figura 2181 se

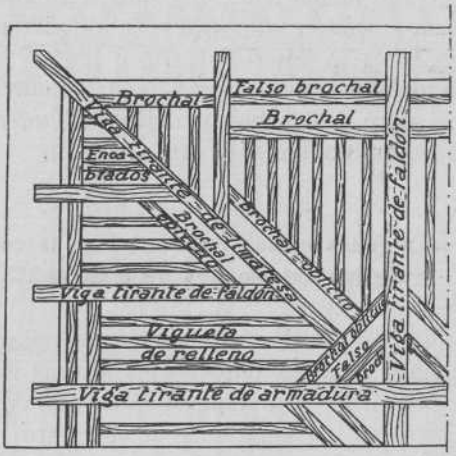


Fig. 2181. – Suelo de enrayado.

representa un suelo de esta clase que corresponde al ángulo de faldón de una buhardilla mansarda.

Tirante transversal.—Es la pieza horizontal que atraviesa el edificio para unir los muros o entramados longitudinales, en correspondencia verticalmente con una cercha cuyo tirante forma, siendo por tanto un verdadero tirante de armadura.

Tirante de faldón.—Es el tirante de la semicercha que se une a la cercha. Los tirantes de faldón secundarios, como el que se ve a la izquierda de nuestro dibujo, no son verdaderos tirantes más que si tienen encima un par ensamblado a una limatesa. Cuando no concurre esta circunstancia es solamente una vigueta embrochalada que soporta un brochal.

Tirante diagonal.—Es el tirante de una semicercha de limatesa; se apoya por un extremo en el muro, donde recibe el pie del par de limatesa, y por el otro se ensambla a una pieza horizontal llamada cartabón o brochal oblicuo.

Cartabón.—En los suelos de enrayado, para evitar se reúna en el centro un número demasiado grande de ensamblajes, se ponen brochales oblicuos, llamados *cartabones* por el papel que desempeñan, y a los

cuales se ensamblan los tirantes diagonales. El *falso cartabón* no es sino una pieza de relleno colocada paralelamente al cartabón.

Brochales.—Hemos descrito precedentemente los brochales. En los suelos de enrayado suelen tener uno o los dos extremos cortados a inglete y se llaman *brochales oblicuos,* pero son siempre brochales.

Viguetas de forjado.—Son viguetas que tienen uno o los dos extremos ensamblados sobre un brochal; también los *cuartones* que están al nivel del suelo se ensamblan al tirante diagonal.

Nombres de algunas piezas empleadas en la composición de los entramados de madera

Carreras.—Con el nombre de *carreras* se designan piezas de madera horizontales situadas a diferentes alturas en un entramado de madera para recibir los ensamblajes de los pies derechos, riostras, virotillos, que entran en la composición de esta obra.

Se llama *solera* o *carrera inferior* la que descansa en la planta baja sobre la mampostería del cimiento; *carrera superior* o simplemente *carrera,* la que se pone en la parte superior de cada piso y sobre la cual descansan las viguetas de los suelos; *sobrecarrera,* la que en cada piso representa el papel de solera y descansa en las cabezas de las viguetas.

Pies derechos de puerta o ventana. — Llamados también *de lección* o *de jambas,* son los que forman las jambas de los huecos.

Cornijales. — Los *pies derechos de esquina* o *cornijales* son los situados en los ángulos de las construcciones de entramados de madera, o en el encuentro de un entramado de fachada y de otro divisorio. Son generalmente de mayor escuadría que los otros pies derechos y pueden ser continuos en toda la altura o interrumpirse en las carreras.

Riostras o jabalcones.—Son piezas inclinadas en direcciones opuestas, destinadas a triangular el entramado de madera; se colocan en la diagonal del rectángulo formado por los pies derechos y las carreras. Se ensamblan a caja y espiga a las carreras superior e inferior. Sirven también para fijar la verticalidad de los pies derechos y para referir a éstos la carga resultante de un entrepaño situado sobre un vano.

Cruces de San Andrés.—Las *cruces de San Andrés* están formadas por dos piezas escopleadas a media madera en el punto de su cruzamiento. Suelen emplearse para sustituir las riostras o los jabalcones.

Virotillos. — Se llaman *virotillos* o *puntales* las piezas de relleno que se ensamblan a las carreras a caja y espiga y a la riostra por medio de un ensamblaje oblicuo de espiga y espera, pero más frecuen-

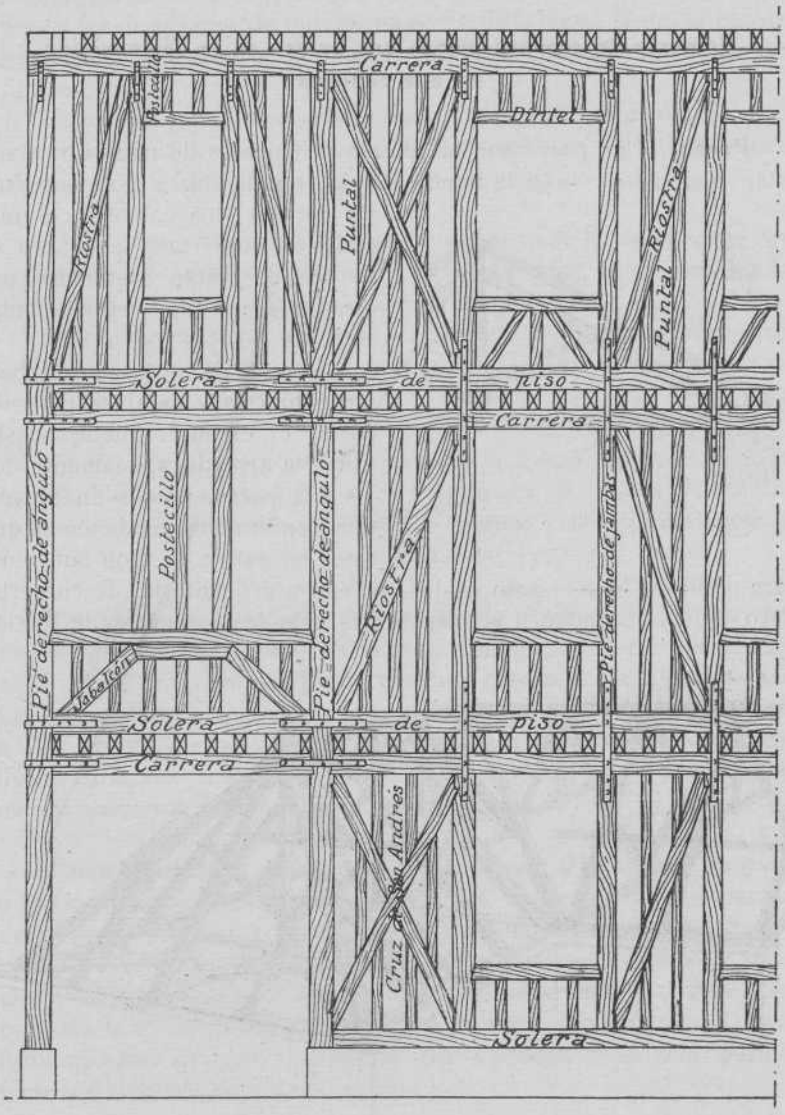


Fig. 2182. — Entramado vertical.

temente, sólo a tope con un corte a inglete y clavados con clavos muy grandes, que se introducen en agujeros abiertos de antemano para no rajar la madera.

En la figura 2182 tenemos un dibujo que reúne las diferentes piezas acabadas de describir.

Nombres de algunas piezas que entran en la composición de una cubierta

Pares. —Los *pares* son las piezas principales de una cubierta y están inclinados según la pendiente del tejado (fig. 2183); soportan las correas, los cabios y el material de cubierta y a su vez, si es preciso, están sostenidos por otras piezas que veremos más adelante.

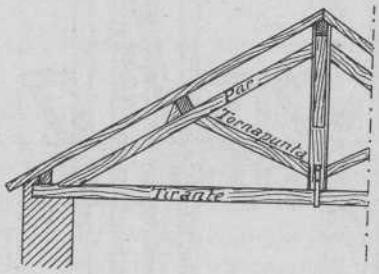


Fig. 2183. — Cuchillo o cercha.

Cuando los apoyos son bastante fuertes y estables para soportar el empuje, puede constituirse la armadura solamente con los dos pares, unidos en el vértice, con la única condición de que éstos tengan la sección suficiente para no flexar bajo el peso de las correas y del material de cubierta. Pero es más económico no imponerles grandes esfuerzos de flexión

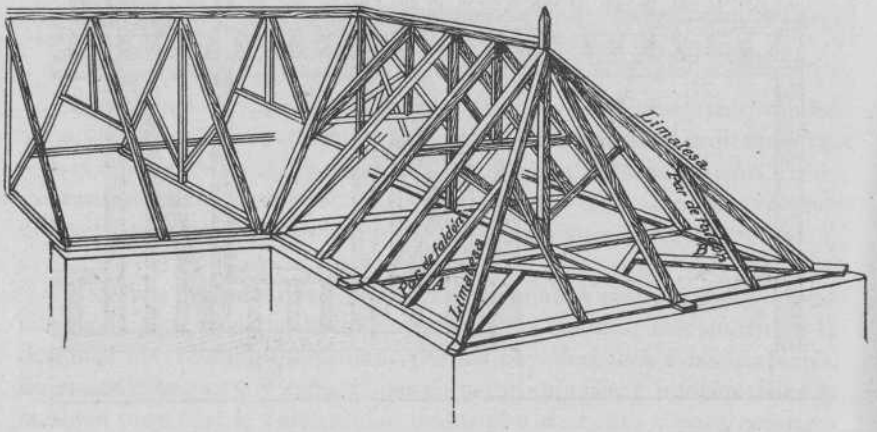


Fig. 2184. — Limatesa y limahoya.

y recurrir a una combinación de piezas para constituir el cuchillo. Véanse algunos pares en las figuras 2185 a 2187.

Limatesa. — Es el par que forma la arista saliente de división de aguas en la intersección de dos vertientes, como por ejemplo, las vertientes longitudinales en su encuentro con un faldón. Esta pieza va labrada por la parte superior en dos caras formando bisel para adaptarse a los dos planos de que forma parte. En planta, sigue la bisectriz del ángulo formado por el muro longitudinal y el muro transversal (figura 2184).

El par de limatesa se ensambla por su parte alta al pendolón e inferiormente al tirante de enrayado, o también a veces simplemente a la solera, según la importancia de la cubierta.

Limahoyas. — La *limahoya* es lo contrario de la limatesa, estando situada en el ángulo entrante de dos cubiertas, de las cuales una penetra en la otra (fig. 2184).

La limahoya, según los casos, va labrada en ángulo entrante como hemos visto en la figura 787, o es rectangular como en nuestro dibujo, figura 788.

Cuartones.—Son piezas de diferente longitud que en una cubierta unen la limatesa a las carreras. Se ven en *A* y *B*, figura 2184. Estas piezas, a semejanza de las anteriores, pueden ir labradas o no, según la forma de la cubierta. Se les llama también pares de faldón.

Tirantes. — En una armadura ordinaria el tirante es la pieza horizontal que forma la base del triángulo constituído por los pares (figuras 2183 a 2187). Estos últimos vienen a ensamblarse al tirante, cuya función es impedir su separación; por lo tanto, el tirante está sometido a tracción. Puede colocarse sobre el enrase del muro, como en nuestra figura 2183, o ir empotrado, como en la figura 2186, o también descansar sobre soleras.

Contratirantes y puentes. — En la figura 2185 se ve un *puente* o *falso tirante* comprimido, impidiendo la flexión de los pares; a veces se colocan varios superpuestos en una cercha, a la altura de cada correa. El *contratirante* o tirante alto es un verdadero tirante que se opone a la separación de los pares cuyo empuje recibe, como muestra la figura 2186, y trabaja a tensión. No difiere del tirante ordinario más que por su posición más elevada, y se pone paralelamente al tirante propiamente dicho.

Pendolones. — Un *pendolón* es una pieza vertical que ensambla las cabezas de los pares, recibe el empuje transmitido por los tornapuntas, se ensambla a contratirantes y puentes y alivia al tirante propiamente dicho. Además, soporta la cumbrera y recibe los jabalcones riostras o de contraviento (figs. 2183, 2185, 2186 y 2188).

Tornapuntas.—Son piezas oblicuas que se ensamblan al pendolón a caja, espiga y barbilla, y cuya función, como la del falso tirante, es impedir la flexión del par. Un tornapunta se coloca bajo el par, ya directamente frente a una correa, que es el punto más fatigado, ya entre dos correas (figs. 2183, 2185 y 2186). El tornapunta se pone

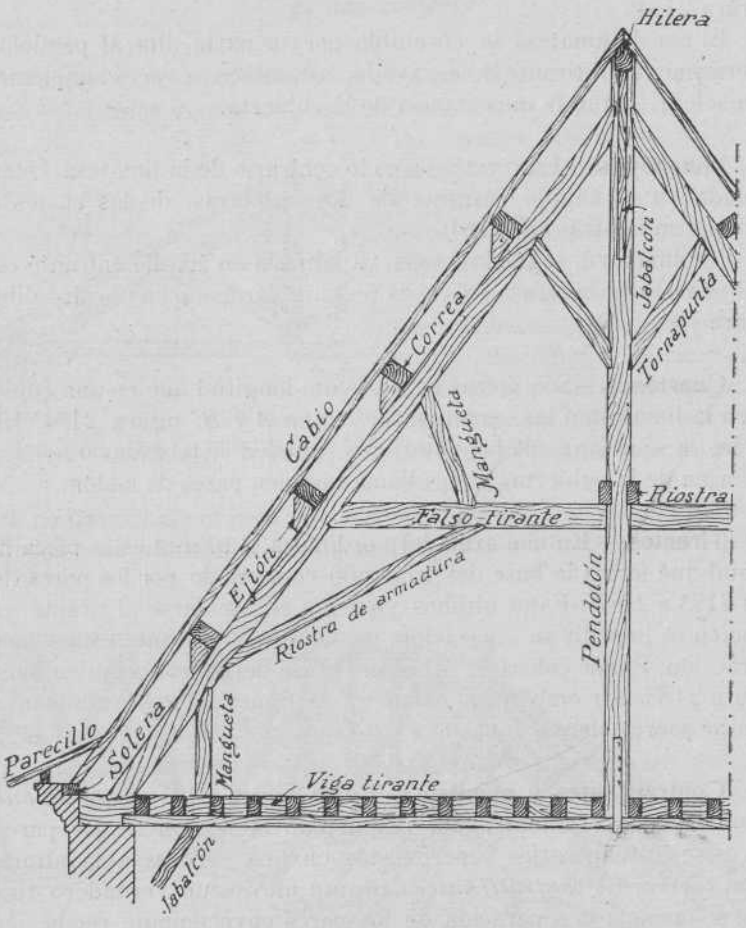


Fig. 2185. — Cuchillo o cercha.

lo más perpendicularmente posible al par y se evita el formar con el pendolón un ángulo demasiado agudo.

Cuadrales. — Un *cuadral* es una especie de tornapunta que sirve para consolidar un tirante, para referir al par la carga resultante de un pilarejo y también para triangular y hacer rígido un ángulo, como un jabalcón (figs. 2185 a 2187).

Falsos pares. — Llamados también *pares de buharda,* son piezas, generalmente de gran escuadría, que en las cubiertas a la Mansard y en las de contratirantes sirven para referir a los puntos de apoyo la carga de la falsa cubierta o de la parte superior de una cubierta, yendo a ensamblarse al tirante situado al nivel del suelo (figuras 1286 y 1287).

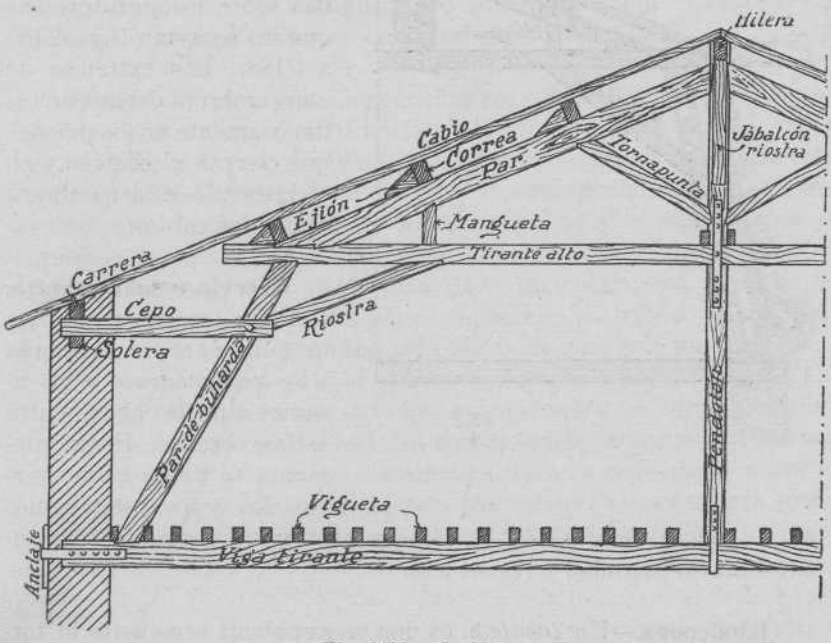


Fig. 2186. — Cuchillo.

Pilarejos o manguetas. — Se llama *pilarejo* un pequeño montante vertical o inclinado, que refiere o transmite una carga a un punto sólido; en las cubiertas, el pilarejo se apoya sobre el tirante. Su misión es aliviar el par, pero como por otra parte no se debe fatigar el tirante, se consolida el punto en que viene a apoyarse el pilarejo por medio de un cuadral o de un tornapunta, según los casos (figura 2187; v. también figuras 2185 y 2186).

Nudillos. — En las cubiertas de contratirante se llama *nudillo* la pieza que une el pie del par con el falso par (fig. 817). El nudillo puede hacerse de una sola pieza y entonces se ensambla al pie del par y al falso par a cola de milano o por medio de un tirante de hierro.

Cuando el par no pasa del tirante elevado, como en nuestro ejemplo de la figura 2186, el nudillo va empotrado en el muro, o se fija a la solera. Como se ve en nuestro dibujo, el nudillo puede estar formando cepo y así se debilita menos el falso par.

Cumbreras o hileras. — La *cumbrera* o *hilera* es una pieza de madera, horizontal generalmente, que forma la parte alta de la estructura de una construcción cuya cubierta es a dos aguas. Cuando el edificio alcanza cierta longitud, la cumbrera está compuesta de varias piezas empalmadas sobre los pendolones que las soportan (figs. 2185 a 2188). Los extremos de una cumbrera descansan ordinariamente en los piñones que cierran el edificio, y en el intervalo esta cumbrera recibe los cabios.

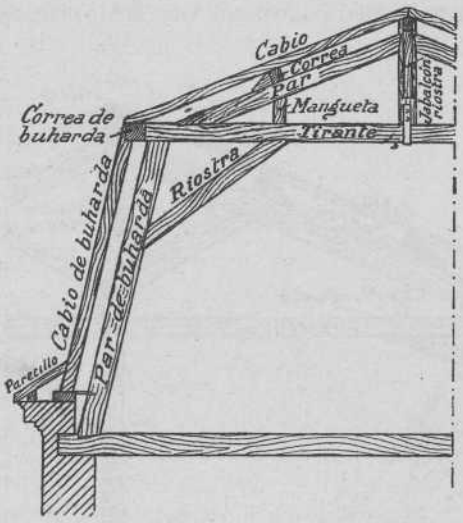


Fig. 2187. – Cercha.

Nervio o subcumbrera. — Es una riostra paralela a la cumbrera, ensamblada a los pendolones o a los tirantes a fin de enlazar entre sí las cerchas. Frecuentemente se hacen los nervios con dos cepos, como hemos indicado en las figuras 2185 y 2186, y esto proporciona a los ensamblajes mayor facilidad y resistencia.

Jabalcones.—Un *jabalcón* es una pieza oblicua semejante al tornapunta, que sirve para triangular y mantener rígido un ángulo. En la figura 2188, los ángulos están formados por la cumbrera con el pendolón, y los jabalcones hacen de contravientos, siendo durante el montaje los que mantienen las cerchas en la posición vertical que deben tener.

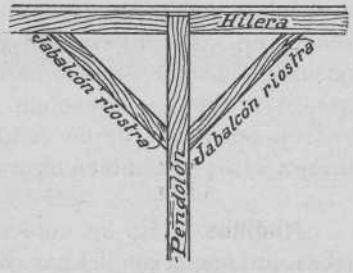


Fig. 2188. – Jabalcones.

Correas. — Se da el nombre de *correas* a piezas de madera horizontales que descansan sobre los pares y que en sus extremos se apoyan en los muros de piñón. Se colocan a una distancia variable de 1,80 a 2,50 m., según su escuadría y la naturaleza del material de cubierta que han de soportar. Este puede ser ligero o pesado, según se trate de zinc o de teja plana, por ejemplo. Las correas se fijan al par por medio de tacos llamados ejiones, que se oponen a su deslizamiento (figs. 833 a 848, 2183, 2185 a 2187). Reciben los cabios

que llevan el material de cubierta, directamente o por intermedio de un enlistonado o un enlatado.

Ejiones. — Los *ejiones* son pequeñas cuñas de madera cortadas en bisel y fijas a los pares con pernos o fuertes clavos; muchas veces se embarbillan, pero muy ligeramente, y otras se ensamblan a caja y espiga, como se ve en las figuras 833 a 840. Su misión es oponerse al resbalamiento y al vuelco de la correa (figs. 2185 a 2187).

Cabios. — Los *cabios* son pequeñas piezas de maderas escuadradas que descansan sobre las correas; son de 7,5 × 7,5 ó de 7,5 × 11, según su luz y el peso del material de cubierta que sostienen. Se colocan perpendicularmente a las correas y paralelamente entre sí a distancias que varían de 33 a 50 cm. entre ejes, y se apoyan por su cabeza en la cumbrera, por su pie en la solera y en el intervalo sobre las correas, yendo clavados o enclavijados en cada apoyo. Reciben por su cara exterior los listones para enganchar la teja o un enlatado seguido o espaciado, según sea la cubierta de zinc o de pizarra.

Se llama *cabio de faldón* el que se coloca en el centro de un faldón o peto; *cabio de limatesa* el que se pone sobre las correas, encima y paralelamente al par de lima; los *cuartones de faldón* son cabios que tienen diferentes longitudes, cortados a inglete y cuya parte superior cae muchas veces entre dos correas sin encontrar apoyo. Para sostenerlos se emplea el cabio de limatesa, al que van clavados (figuras 2185 a 2187).

Carreras. — Son correas que se apoyan sobre pies derechos, o sobre un muro, como una *solera,* constituyendo la primera correa de cada vertiente. Se da también el nombre de *carrera* a una pieza de madera fija sobre canecillos en un muro y que se destina en los cobertizos a sostener la extremidad superior de los cabios; en este caso es, aparte la forma biselada del apoyo, un durmiente como los que hemos descrito al hablar de los suelos.

Soleras. — Las *soleras* se distinguen de las carreras en que siempre se apoyan sobre un muro en toda su longitud (v. fig. 2185). Se ponen de plano y reciben los extremos inferiores de los cabios, o de otras piezas, según el sistema de armadura.

Ristreles. — Un *ristrel* o *parecillo* es un cabio corto, cortado en pico de flauta y que se clava a los cabios para suavizar la pendiente de un tejado (v. figs. 2185 a 2187). El ristrel forma con el cabio un ángulo vertical variable según la inclinación de la techumbre, y se fija generalmente a una pieza de madera empotrada en el entablamento.

Algunas maderas empleadas en carpintería

La madera es la sustancia que forma el cuerpo de los árboles. Cuando se corta un tronco perpendicularmente a su eje, se ve que está formado de dos partes distintas: una exterior, la *corteza,* la otra interior, la *madera.*

La parte leñosa o madera está compuesta de capas concéntricas, de un tejido fibroso, las cuales a su vez se dividen yendo de la circunferencia al centro, en *albura* o falsa madera, parte blancuzca, blanda, esponjosa y no utilizable porque se corrompe fácilmente, y en *duramen* o *corazón,* que es la madera perfecta o madera propiamente dicha.

Se ven también unas hojas verticales que van del centro a la periferia, que se llaman *radios medulares* y que conducen la savia desde el conducto central o *estuche medular,* que contiene la *médula,* hasta la capa interior de la corteza o *líber.* Si se corta la madera verticalmente, es decir, paralelamente al eje, estas láminas o radios medulares presentan superficies espejeantes, semejantes al muaré, que son las *vetas.* Estas mallas o vetas son muy visibles en la encina, y las maderas veteadas son muy apreciadas en carpintería porque ofrecen una decoración muy agradable.

De un modo general pueden emplearse en carpintería todas las clases de maderas, según la facilidad de encontrar más próximas las más apropiadas para el trabajo que se desea ejecutar. Pueden clasificarse las maderas de carpintería en cuatro clases:

1.ª *Maderas duras,* que son: la encina, el roble, el castaño, el haya, el olmo, el fresno y la acacia.

2.ª Las *maderas blancas,* entre las cuales tenemos: el álamo, el abedul, el tilo, el plátano, el carpe, el arce, etc.

3.ª Las *maderas resinosas,* que comprenden: los pinos, el abeto, el cedro, el pino-tea, el alerce, el ciprés, etc.

4.ª Las *maderas finas:* caoba, nogal, ébano, cerezo, peral, boj, limonero, tuya, etc.

Encina.—De la familia de las cupulíferas. Tiene un hermoso color amarillo oscuro uniforme, que se oscurece con una larga exposición al aire o al agua. De fibra recta, dura, compacta y pesada, proporciona la mejor madera de construcción desde el punto de vista de la duración y de la resistencia. Se distinguen: la *encina de Borgoña,* de fibras entrelazadas, llamada también *de trepa.* Color bastante oscuro y no crece muy recta ni muy alta. La *encina pedunculada,* que crece recta y tiene fibras elásticas y resistentes. Su color es amarillo claro, que se hace rosado con el tiempo; tiene vetas muy decorativas. La *encina verde* o *carrasca,* muy dura, de color tostado claro con la albura casi blanca, tiene poca aplicación en carpintería.

Roble.—De la familia de las cupulíferas también, siendo una de las especies del género *Quercus (Q. Robur),* a que pertenecen la encina, el quejigo y el alcornoque. Comúnmente se considera como una variedad de la encina, siendo la más apreciada por su resistencia y en trabajos marítimos sobre todo. Su color es amarillo claro, con hermosas vetas.

Castaño.—Es también de la familia de las cupulíferas. Su madera se parece mucho a la de roble, siendo dura, compacta y bastante resistente. Sumergida alcanza una gran dureza y se conserva indefinidamente, pero al aire tiene poca duración y se vuelve muy pronto quebradiza, rajándose fácilmente. Los gusanos la atacan, y empotrada en la mampostería se corrompe con rapidez. Es muy fibrosa y se presta bien a ser curvada.

Haya.—Asimismo de la familia de las cupulíferas. Crece derecha y alcanza dimensiones muy considerables. Su madera es de un color amarillento, blanquecino cuando el árbol es joven, y rojo claro después, pesada, dura, elástica y resistente; cuando se acepilla, presenta vetas brillantes que se destacan en fondo claro. Se conserva bien en el agua, pero en el aire sólo resiste cuando está siempre seca. Los gusanos la atacan fácilmente.

Olmo.—Arbol de la familia de las ulmáceas. Su madera es dura y fuerte, flexible y compuesta de fibras entrelazadas; es fibrosa y porosa y se barniza y acepilla difícilmente. Su color cambia con la edad, pasando de un blancoamarillento al rojo oscuro en el corazón. Su albura es bastante resistente.

Suele llamarse *álamo negro* y se emplea en todos los casos en que precisa una gran fuerza de cohesión, como en las mazas de ruedas, y en general, en carretería en todas las piezas que han de llevar cajas en todas direcciones.

Fresno.—Perteneciente a la familia de las fraxináceas, afín de las oleáceas, a que pertenece el olivo. Alcanza gran altura y crece bastante derecho. Su madera es blanca, veteada longitudinalmente con tintas amarillentas; es dura, elástica y resiste muy bien a la flexión. Se emplea poco en carpintería por su dureza y peso; está sujeto a la carcoma y no ofrece garantías de duración. Se emplea sobre todo en carretería. Se conocen en España el fresno de Vizcaya y el de Castilla.

Acacia.—Del orden de las leguminosas, familia de las mimosáceas, género *acacia.* Da una madera dura y tenaz que puede emplearse en carpintería y ebanistería.

La *falsa acacia,* que es la acacia corriente extendida por nuestros paseos, es la *Robinia Pseudo-Acacia,* L., leguminosa de la familia de las papilionáceas. Su madera es de un color amarilloverdoso y grano poco apretado; es dura, fibrosa, resistente a la humedad y poco sujeta a rajarse ni a apolillarse. Muy empleada para pilotes y en carretería.

Alamo.—Es de la familia de las salicáceas. Da una madera de contextura uniforme, ligera, elástica, blanda y fácil de trabajarse. Pero es poco resistente, está sujeta a apolillarse y se pudre fácilmente en la humedad. Son corrientes en España: el *álamo blanco,* el *temblón* y el *álamo negro (Populus nigra,* L.), llamado *chopo* más comúnmente, así como el *olmo (Ulmus campestris,* L.) es llamado *álamo negro.* También es frecuente el álamo de Italia, muy esbelto, con follaje en forma de inmenso cono.

Todas estas maderas se emplean sobre todo en pequeños trabajos de carpintería de taller y, sobre todo, en tableros de puertas y artesonados, por su facultad de no rajarse.

Plátano.—Al mismo orden de las salícidas pertenece la familia de las platanáceas, de las que se cultivan en España el *plátano oriental* o *sicomoro* y el *plátano de Virginia* u *occidental.* La madera de estos árboles es dura y compacta, algo parecida a la de haya, pero más oscura. Es muy apropiada para confeccionar las más delicadas molduras y no se alabea al secarse, pero no resiste la humedad. Sumergida se conserva bien.

Abedul.—Arbol de la familia de las betuláceas. Su madera es ligeramente más dura que la de álamo y puede reemplazarla en sus aplicaciones; puede ser empleada en carpintería para estructuras de escasa importancia.

Aliso.—También de la familia de las betuláceas. Crece a la orilla de los rios y en lugares húmedos, siendo espontáneo en el norte de la península. Su madera es blanca, blanda, muy ligera, de textura fina y apretada, dejándose trabajar fácilmente. Se vicia poco, pero se pudre fácilmente al aire. En cambio es muy buena para pilotes, y también se emplea algo en ebanistería porque no se raja y admite el pulimento.

Carpe.—Madera de un blancogrisáceo tirando un poco a amarillo. Muy dura, compacta y resistente, puede servir para hacer excelentes correderas, tornillos, etc.

Arce.—Es un árbol de gran altura y esbeltez. Su madera es dura, algo amarillenta y de color pardo hacia el corazón. Es muy apreciada

por los guitarreros y ebanistas. Se llama también *sicomoro* o *falso plátano.*

Tilo.—Arbol de la familia de las tiliáceas, de madera blanda, de un color blancorrojizo, ligera, de grano fino y regular. Se corta bien, se vicia poco y no se apolilla.

Pino.—Al orden de las coníferas, familia de las abietáceas, pertenecen los *pinos, abeto* y *pinsapo,* el *alerce* y el *cedro* del Líbano y la India. Al mismo orden, familia de las cupresáceas, el *ciprés,* el *cedro* de España o *sabina albar,* el *enebro* y la *tuya.*

El pino comprende diversas especies, de tronco recto y elevado y madera blanca amarillenta con vetas rojizas, muy empleado en vigas y en trabajos de carpintería de todas clases.

El *pino silvestre* o del Norte es la variedad más apreciada para maderas de construcción. El *pino marítimo,* muy cargado de resina, conviene para pilotes.

Como en las restantes especies de coníferas, cuando al pino se le extrae la resina por medio de incisiones, produce luego maderas de calidad bastante inferior, mientras que cuando no están *sangrados,* resisten muy bien a la intemperie.

Abeto.—Como el alerce y las otras especies de esta familia, suele estar vulgarmente incluída en España en la común denominación de madera de pino, mientras en Francia es más bien el abeto quien da el nombre, por ser más importante y de mejor calidad.

Las especies más difundidas son el *abeto común* o *blanco* y el *abeto rojo.* El abeto común es de madera blanquecina, ligera, blanda y que se apolilla fácilmente. Se emplea en tablas para diversas construcciones.

El *abeto rojo* es el mejor de estas especies de pinos y abetos. Procede de Suecia, Noruega y Riga. Es de madera amarilla pálida con fibras rojizas y muy apreciado en carpintería y construcción.

Alerce.— De la misma familia, siendo la especie más apreciada el *alerce rojo,* o *pino-tea,* que procede de los Estados Unidos y se llama también *pitch-pine, melis* y *mobila.* Es muy resinoso, con gruesas vetas de color amarillo claro, anaranjadas y rojizas. Muy apreciado para entarimados, aunque por la resina es difícil su trabajo. Se conserva muy bien en el aire; sumergido se endurece ilimitadamente. Su empleo es general y presenta muy buen aspecto. En general, la madera de *alerce* es menos dura y más tenaz que la encina y se trabaja mejor.

Cedro.— Su madera es resinosa, de color blancorrojizo y surcada de líneas oscuras. Es muy aromática y no se pudre, aunque

llega a apolillarse. No puede recibir pulimento por ser demasiado blanda.

Ciprés. — Da una madera dura, resinosa y compacta, de color pálido, veteada de rojo. Es también casi imputrescible y puede recibir un bonito pulimento.

Caoba. — La *caoba* se encuentra originariamente en la India y en la América meridional. Su madera es de un color rojo tostado o veteado de amarillo y de blanco, oscureciéndose más con el tiempo. Es susceptible de un hermoso pulimento. Las diversas clases se distinguen por el dibujo del veteado, existiendo: la *caoba lisa,* la *caoba moaré,* la *caoba moteada* y la *caoba zarza.* Suelen emplearse en la construcción de muebles de lujo y más frecuentemente en chapeados.

Nogal.—Es una madera oscura, ligeramente veteada, apretada, de una textura fina y no difícil de trabajar. Degraciadamente se deja atacar por la polilla. No se agrieta y es susceptible de un buen pulimento. Se emplea mucho en mueblaje y en ornamentación; también en la confección de modelos para la fundición.

Boj.—Este arbusto es en ciertos climas, como en Cerdeña, Córcega y Menorca, un verdadero árbol que alcanza una altura de treinta metros. Su madera es de un tono amarillo pálido, muy compacta, muy densa y muy dura; no se agrieta, ni es propenso a la caries. Su raíz está agradablemente veteada. Es muy empleado en trabajos finos de torno y en ebanistería y marquetería.

Peral.—Madera de un color rojizo oscuro liso; dura, compacta, de grano fino y fácil de trabajar y pulimentar. Muy apreciada en los mismos trabajos que la anterior y la siguiente.

Cerezo.—Madera rojiza veteada ligeramente. Muy fina y susceptible de pulimento y torno, como las dos anteriores.

Ebano. — El ébano crece en Africa, América, y sobre todo en Ceilán. Da una madera muy negra, muy dura y muy pesada. Se presta mucho a un hermoso pulimento y se tornea bien. En la India se hacen pequeños trabajos de ébano con incrustaciones de marfil. En Europa ha dado su nombre a la *ebanistería,* que lo emplea mucho para trabajos de lujo. Suele imitarse con peral teñido.

Limonero.—Es un arbusto que alcanza apenas cuatro o cinco metros de altura, y su madera, de un color blancoamarillento, no sirve

por sus pequeñas dimensiones más que para confeccionar abjetos de adorno. Es bastante aromática.

Tuya.—Es un árbol de China, de madera muy empleada en ebanistería por los dibujos extremadamente variados que presentan sus cortes. Es de un tono amarillorrojizo muy jaspeado, siendo muy aromática.

Densidades de las diferentes maderas

La densidad de las maderas es en extremo variable, dependiendo de la agrupación de las fibras, de su textura más o menos compacta y de las materias aglutinantes que las acompañen, y finalmente, del agua que pueda contener la madera, que será en mayor o menor cantidad, según el tiempo transcurrido desde el corte y el grado higrométrico del aire ambiente.

Es imposible, por tanto, dar la densidad exacta de cada especie de madera, por lo cual hemos creído lo mejor agrupar varios cuadros tomados de diferentes obras, que permitirán establecer una media suficiente para los cálculos.

Clase de madera	Según L. Griveaud		Según J. Denfer	Según Genieys	Según Ph. Huguenin	
	seca	verde			seca	verde
Abedul	0,660	0,920	0,702	0,700 a 0,714	0,630 a 0,740	0,920
Abeto amarillo	—	—	—	0,671	—	—
Abeto común	—	—	—	0,528 a 0,557	—	—
Abeto de Noruega	—	—	0,570	—	—	—
Abeto hembra	0,490	—	—	—	—	—
Abeto macho	0,460	0,660	0,486	—	0,430	0,890
Abeto rojo	0,660	—	—	—	—	—
Acacia	0,676	—	0,800	—	—	—
Acacia falsa	0,870	—	—	0,785 a 0,800	—	—
Ailanto del Japón	—	—	—	0,814 a 0,828	—	—
Alamo	0,390	0,860	0,525 a 0,625	—	0,390 a 0,470	0,860
Alamo blanco de España	0,530	—	—	—	—	—
Alamo de Holanda	0,520	—	—	0,528 a 0,614	—	—
Alamo de Italia	0,330	—	—	0,371 a 0,414	—	—
Alamo de La Carolina	0,490	—	—	—	—	—
Alamo del Canadá	0,500	—	—	—	—	—
Alamo negro de España	0,460	—	—	—	—	—
Albaricoquero	0,771	—	—	0,771	—	—
Alcornoque (corcho)	0,240	—	—	—	0,240	—
Alerce	0,470	0,810	0,543 a 0,750	0,657	0,470 a 0,560	0,810
Aliso común	0,550	0,900	0,655	0,543 a 0,800	0,550	0,900
Aliso terminal	0,870	—	—	0,871 a 0,885	—	—
Almendro	—	—	—	0,110	—	—
Amaranto de Cayena	1,200	—	—	—	—	—
Arbol de Judea	—	—	—	0,685	—	—
Arce	0,560	0,890	—	0,643	0,680	0,890
Arce atruchado de América	1,000	—	—	—	—	—

Clase de madera	Según L. Griveaud		Según J. Denfer	Según Genieys	Según Ph. Huguenin	
	seca	verde			seca	verde
Arce duro del Canadá.	0,750	—	—	—	—	—
Balata roja	1,100	—	—	—	—	—
Boj de Francia . . .	0,910	1,030	0,910 a 1,320	0,900 a 0,914	0,970	1,030
Boj de Holanda . . .	1,330	—	—	1,314 a 1,328	—	—
Brosium de Guayana .	1,050	—	—	—	—	—
Ciprés	0,650	—	—	0,600 a 0,657	—	—
Ciprés de América . .	0,600	—	—	—	—	—
Campeche	0,910	—	—	—	—	—
Canelo	0,800	—	—	—	—	—
Caoba	0,560	0,900	—	0,785 a 0,914	—	—
Caoba hembra . . .	0,350	—	—	—	—	—
Carrasca	—	—	—	0,930 a 1,220	—	—
Castaño.	0,580	1,100	0,685	0,685	0,580	—
Castaño de la India. .	0,650	—	—	0,657	—	—
Catalpa	—	—	—	0,457 a 0,471	—	—
Cedro	0,560	—	0,603	—	0,570	—
Cedro blanco del Canadá	0,350	—	—	—	—	—
Cedro de las Indias. .	—	—	—	1,314	—	—
Cedro del Líbano . .	0,490	—	—	0,557 a 0,600	—	—
Cedro negro	0,650	—	—	—	—	—
Cepa	1,320	—	—	1,314 a 1,328	—	—
Cerezo	0,650	0,930	—	0,714 a 0,743	0,650	0,930
Cerezo silvestre . . .	0,710	—	—	—	—	—
Cidonia común . . .	0,700	—	—	0,700 a 0,985	—	—
Ciruelo	0,760	—	—	0,771	0,790	—
Courbaril brasiliano .	1,200	—	—	—	—	—
Ebano	1,120	—	1,120 a 1,328	1,042	1,200	—
Ebano de Africa. . .	1,300	—	—	—	—	—
Ebano de América . .	—	—	—	1,199 a 1,328	—	—
Ebano de Ceilán. . .	1,300	—	—	—	—	—
Ebano verde	1 210	—	—	—	—	—
Encina del Canadá . .	0,800	1,000	—	—	—	—
Encina seca	—	—	—	0,643 a 1,015	—	—
Enebro	—	—	—	0,543 a 0,557	—	—
Fresno	0,690	0,850	0,810 a 1,050	0,785	0,670	0,850
Fresno de América. .	0,600	—	—	—	—	—
Granado	0,970	—	—	1,342 a 1,357	—	—
Guayaco	1,150	—	1,153 a 1,213	1,328 a 1,342	1,330	—
Guayaco de Santo Domingo.	1,400	—	—	—	—	—
Haya	0,720	0,980	0,650 a 0,720	0,714 a 0,857	0,720	0,980
Haya (al año de la corta)	0 660	—	—	—	—	—
Haya blanca	0,760	1,040	—	—	0,760	1,040
Hymenæa courbaril .	0,900	—	—	—	—	—
Jacaranda	1,200	—	—	—	—	—
Laurel	0,690	—	—	—	—	—
Laurel de España . .	—	—	—	0,814 a 0,828	—	—
Limonero	1,000	—	—	—	—	—
Madera de hierro . .	1.180	—	—	—	—	—
Manzano	0,730	1,050	0,730	0,757 a 0,800	0,730	1,050
Moral	—	—	—	0,885 a 0,900	—	—
Naranjo	0,700	—	—	0,700	—	—
Níspero	0,940	—	—	0,942	—	—
Nogal común	0,660	0,920	0,780 a 0,875	0,600 a 0,685	0,660	0,880
Nogal de Africa . . .	0,720	—	—	0,728 a 0,743	—	—
Nogal negro de América.	0,900	—	—	—	—	—
Ojaranzo	0,730	—	0,760	0,757	—	—
Olivo	—	—	—	0,914 a 0,928	—	—
Olmo	0,550	0,940	0,740 a 0,790	0,642 a 0,743	0,580	0,910

Clase de madera	Según L. Griveaud		Según J. Denfer	Según Genieys	Según Ph. Huguenin	
	seca	verde			seca	verde
Olmo de América	0,600	—	—	—	—	—
Olmo de España	1,100	—	—	—	—	—
Peral	0,650	0,760	0,700	0,657 a 0,714	0,650 a 0,730	—
Plátano	0,540	0,700	—	0,628	—	—
Plátano de Oriente	—	—	—	0,700 a 0,714	—	—
Pino	0,430	0,910	0,621	—	0,610	0,910
Pino blanco	0,550	—	—	—	—	—
Pino de Escocia	0,610	0,910	—	—	—	—
Pino del Norte	0,740	—	—	0,814 a 0,828	—	—
Pitchpine	0,650	—	—	—	—	—
Pitchpine de América	0,800	—	—	—	—	—
Roble	0,640	1,200	0,640 a 1,050	—	0,620 a 0,920	0,970
Sauce	0,450	0,790	—	0,571 a 0,585	0,490 a 0,590	0,790
Saúco	0,690	—	—	0,685 a 0,700	—	—
Serbal doméstico	—	—	0,910	0,900 a 0,914	—	—
Serbal silvestre	0,910	—	—	0,743	—	—
Teca	0,800	—	0,700 a 1,000	—	—	—
Tejo	0,770	—	—	0,771	—	—
Tilo	0,520	0,800	0,545	0,557 a 0,600	0,440 a 0,560	0,790
Tulipán de América	0,600	—	—	0,471 a 0,485	—	—
Tulipán del Canadá	0,500	—	—	—	—	—
Tuya	0,570	—	—	0,557 a 0,571	—	—

Corta y troceado de las maderas

Son las operaciones sucesivas que tienen por objeto final dejar los árboles divididos en piezas para su inmediata o posterior utilización. Unas veces se desea obtener de cada árbol una sola pieza de las máximas dimensiones, y otras lo que se pretende es obtener el mayor número de piezas de dimensiones fijas y *comerciales*.

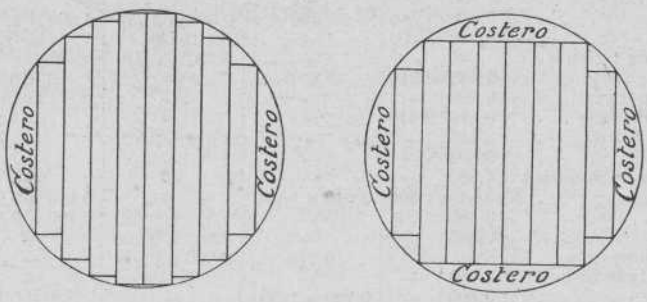
En el primer caso se distingue: la *madera en bruto,* que es el árbol simplemente desprovisto de sus ramas y conservando aún su corteza. La *madera en rollo,* que es la resultante de descortezar la anterior, llamándose *rollizos* a los palos redondos que se obtienen. Madera *groseramente escuadrada,* cuando se le ha dado con el hacha una forma aproximadamente de sección cuadrada, quitando los cuatro costeros. Si esta operación se verifica con la sierra, sacando los cantos vivos y las aristas bien paralelas, se llamará entonces madera *escuadrada,* propiamente.

Para el troceado de las maderas se comienza ordinariamente por sacar del cuerpo del árbol la porción que debe proporcionar las grandes piezas utilizadas en carpintería de armar, y el resto se hace piezas pequeñas.

Para el troceado en piezas de pequeña escuadría, tablas por ejemplo, el medio que aparece como más sencillo y que produce menos pérdida, consiste en dividir la madera por cortes de sierra parale-

los, como indica nuestra figura 2189. Este trabajo suele hacerse con la sierra mecánica alternativa de hojas múltiples o también con una sierra de cinta.

Pero en esta forma resultan las piezas de anchos diferentes, y para evitarlo se emplea con preferencia el siguiente procedimiento



Figs. 2189 y 2190. — Troceado en tablas.

(figura 2190): Se cortan primeramente los dos costeros con el espesor necesario para dejar el ancho deseado; luego se da al tronco un cuarto de vuelta, y con la sierra de hojas múltiples se corta como en el caso anterior. Las tablas extremas resultarán de menor anchura, y también de los otros dos costeros podrán sacarse tablas estrechas.

Este es el procedimiento empleado en Suecia y en Finlandia para sacar tablas y tablones de pino y abeto, de medidas comerciales.

Es un procedimiento muy sencillo, porque evita la maniobra de girar varias veces el tronco, que puede aserrarse de una vez y sin cambiar de posición. Pero si tenemos en cuenta la textura de la madera, formada de capas concéntricas con láminas radiales, se deducirá que las tablas y los tablones así obtenidos presentarán en un lado fibras más apretadas que en el otro, resultando una contracción o dilatación desiguales en las dos caras, lo que produce la torcedura de la pieza hacia el lado del corazón.



Fig. 2191. Tabla viciada.

Siendo los poros de la madera extremadamente sensibles a las influencias higrométricas en el sentido de los radios medulares, canales que proveen a la circulación de los jugos vitales, la humedad aumenta el ancho de las tablas por un lado y hace tomar al otro una forma cóncava (fig. 2191), porque las mallas situadas en la cara *v x*, más cercanas al corazón, están más juntas y son más numerosas que en la cara *y z*.

El método de troceado llamado *holandés* evita en parte estos inconvenientes y es el tipo del troceado radial preferido para las maderas finas de ebanistería, porque de esta manera, a más de evi-

tarse el alabeo, se obtiene el máximo ancho de veteado y, por tanto, un aspecto mucho más decorativo (fig. 2192).

Este troceado radial, que era el empleado en la edad media, es costoso, porque exige dos cortes de sierra en lugar de uno, obliga a una maniobra de la pieza a cada corte y, por último, deja perderse numerosos prismas triangulares de madera de difícil utilización.

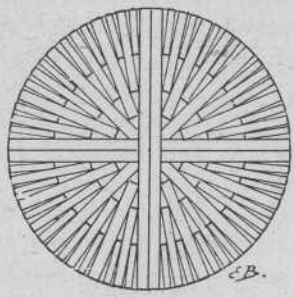
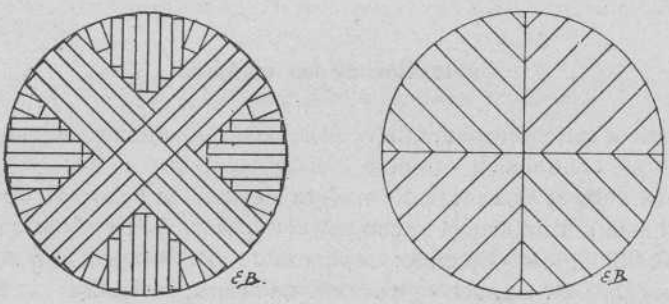


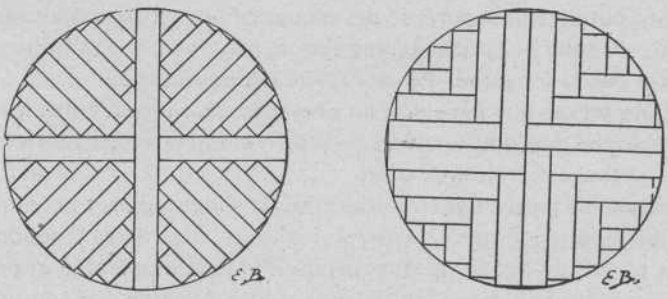
Fig. 2192.
Procedimiento holandés.

Otro procedimiento de aserrío que presenta algunas de las ventajas del precedente se representa en la figura 2193, pero obliga también a una pérdida de madera bastante considerable. Las maneras de proceder que, después de las que acabamos de ver, dan los mejores resultados en cuanto a calidad, desperdiciando poca madera, se indican en las figuras 2194 y 2195.



Figs. 2193 y 2194. — Troceado de un árbol.

Otro sistema de troceado consiste en aserrar el tronco en cuatro partes iguales que en seguida se cortan paralelamente a los primeros



Figs. 2195 y 2196. — Troceado de un árbol.

cortes (fig. 2196). Todos estos procedimientos exigen mucha mano de obra.

Por último, otro procedimiento de aserrío es el que principia por dar dos cortes paralelos que dividen el rollizo en tres piezas, dividiendo después cada segmento en tres piezas por otros dos cortes paralelos y continuando así con cortes alternativamente paralelos a las caras obtenidas con los primeros cortes (fig. 2197).

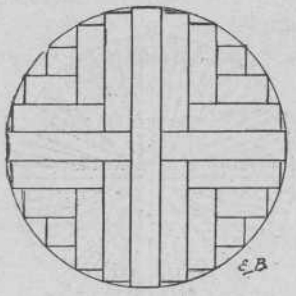


Fig. 2197.
Troceado de un árbol.

Después de su aserrío las maderas se almacenan al aire libre en capas o lechos bien aislados del suelo y separados unos de otros por listones, para evitar en lo posible los contactos y asegurar por todos lados la circulación del aire. Para preservar de la lluvia las pilas formadas por la superposición de las maderas, se recubren con costeros inclinados formando techumbre y que despiden las aguas fuera de la pila. Es mejor aún almacenar las maderas en tinglados abiertos a los cuatro vientos.

Cubicación de las maderas

Cubicar un objeto cualquiera es evaluar el número de unidades cúbicas que contiene su volumen.

Para cubicar una pieza de madera de sección cuadrada o rectangular, basta multiplicar el ancho por el espesor, y el producto por la longitud de la pieza. Ejemplo: una pieza de madera de 8,40 m. de longitud por 0,32 m. de ancho y por 0,30 de altura; se tendrá:

$$0{,}32 \times 0{,}30 = 0{,}096 \text{ y } 0{,}096 \times 8{,}40 = 0{,}8064 \text{ m}^3\text{, volumen de la pieza.}$$

Para todas las piezas de madera de sección constante en su longitud, basta obtener la superficie de esta sección, ya sea cuadrada, rectangular, circular, elíptica, triangular o poligonal y multiplicar esta superficie por la longitud. Es la cubicación geométrica.

En las piezas cuya sección no presenta una forma constante, hay que efectuar la descomposición en varios volúmenes parciales y sumarlos para obtener el volumen total.

Cuando las piezas tienen formas muy accidentadas, y la cubicación sería una operación muy larga y expuesta a errores, siendo también las piezas de pequeñas dimensiones, puede emplearse el procedimiento siguiente, aunque no es muy recomendable para la madera, por su capacidad de absorción.

En un recipiente de forma regular y de fácil cubicación, póngase cierta cantidad de agua y calcúlese su volumen; después sumérjase el

objeto en el líquido y márquese inmediatamente la altura alcanzada por el agua, calculando el cubo. La diferencia entre los volúmenes observados es el del objeto.

El procedimiento del peso da un resultado menos exacto, pero puede aplicarse a una pieza de cualesquiera forma y dimensiones. Consiste, conociendo el peso específico de la materia de que se trata, en pesar el objeto y deducir el volumen del peso obtenido.

La cubicación de las maderas en bruto, abatidas, es relativamente fácil, existiendo varios procedimientos, por ejemplo: se mide la circunferencia hacia el medio de la longitud por medio de una cinta métrica, o simplemente con una cuerda, que se mide en seguida, y se establece esta proporción: veintidós es a siete como la circunferencia conocida es al diámetro. Ejemplo: sea una madera de 9,40 m. de longitud por 2,40 m. de circunferencia, tendremos:

$$22 : 7 = 2{,}40 : X, \text{ diámetro.}$$

Hagamos la operación: $2{,}40 \times 7 = 16{,}80$; $\frac{16{,}8}{22} = 0{,}7636$ m, que es el diámetro.

$$\frac{0{,}7636}{4} \times 2{,}40 = 0{,}1909 \times 2{,}40 = 0{,}45816 \text{ m}^2$$

y

$$0{,}45816 \times 9{,}40 \text{ (longitud)} = 4{,}306704 \text{ m}^3, \text{ que es el cubo.}$$

Denfer da el siguiente procedimiento:

«En la cubicación en bruto se tiene en cuenta el volumen total de la madera. Cada árbol se trocea mentalmente en varios conos truncados sucesivos, cada uno de los cuales se mide considerándolo como un cilindro que tuviera por base la sección circular media. Se mide esta sección obteniendo la circunferencia C por medio de una cinta métrica y el volumen V del cilindro de longitud L, será:

$$V = \frac{C^2}{4\pi} \times L.$$

Sustituyendo valores y empleando las mismas dimensiones que anteriormente, tendremos:

$$\frac{2{,}40^2}{4 \times 3{,}14159} \quad \text{o} \quad \frac{5{,}76}{12{,}566} = 0{,}45838 \text{ m}^2, \text{ que es la superficie}$$

y

$$0{,}458 \times 9{,}40 \text{ (longitud)} = 4{,}308772 \text{ m}^3, \text{ que es el volumen.»}$$

Se ve que el primer procedimiento da una aproximación suficiente.

Para saber el volumen de madera escuadrada que se obtendrá de una madera en bruto, se procede de diversos modos.

Si el árbol presenta una sección irregular aplastada, se miden los diámetros mínimo y máximo y se toma la media, es decir, se suman los dos diámetros y se divide la suma por dos.

La cubicación *al cuarto sin deducción* da el volumen a que será reducida la pieza por un grosero escuadrado. Este método consiste en tomar por lado de la sección cuadrangular la cuarta parte de la circunferencia media. Si tomamos la circunferencia de 2,40 m. de nuestro primer ejemplo, tendremos $\frac{2,40}{4} = 0,60$ m. de lado con costeros de unos 9 cm., y si tenemos la misma longitud de 9,40 m., tendremos: $0,60 \times 0,60 \times 9,40 = 3,384$ m³. Este método da alrededor de 0,785 del cubo real de la madera en bruto.

La cubicación *por el quinto deducido.*—En este procedimiento se admite que el lado de la sección de la pieza escuadrada, con aristas vivas y sin albura, tiene una medida igual a los 4/5 de la circunferencia divididos por 4; es decir, que habiendo medido la circunferencia media, se resta la quinta parte y se toma por lado de la sección escuadrada el cuarto del resto. Aplicando las medidas precedentes, se tiene:

$$\frac{2,40 \text{ m.}}{5} = 0,48 \; ; \; 2,40 - 0,48 = 1,92 \; ; \; \frac{1,92}{4} = 0,48 \text{ de lado.}$$

Esto se reduce exactamente a tomar como lado el quinto de la circunferencia (1). En efecto, si tenemos una circunferencia de 2,40 m., encontraremos: $\frac{2,40}{5} = 0,48$ m. de lado, que es más sencillo.

La cubicación *por el sexto deducido.*—En este caso se resta de la circunferencia la sexta parte para tomar por lado un cuarto del resto, o sea, sirviéndonos para el ejemplo de las mismas medidas, $\frac{2,40}{6} = 0,40$ m. ; $2,40 - 0,40 = 2$ m. ; y $\frac{2,00}{4} = 0,50$ m. de lado; lo cual, si se supone el árbol absolutamente cilíndrico, da un escuadrado algo menos perfecto que la cubicación por el quinto deducido.

La cubicación *por el décimo deducido,* daría para las mismas dimensiones de la madera, $\frac{2,40}{10} = 0,24$; $2,40 - 0,24 = 2,16$; y $\frac{2,16}{4} = 0,54$ de lado; lo cual, para una madera perfectamente cilíndrica, no daría costeros sensiblemente importantes, pero dejaría toda la albura.

---

(1) En efecto:

$$\frac{4/5 \times C}{4} = \frac{4C}{4 \times 5} = \frac{C}{5}. - \text{N. del T.}$$

Cubicación por redondeo.—«En los almacenes o explotaciones forestales, dice Denfer, en que se venden los árboles groseramente escuadrados con costeros en las aristas, la cubicación comercial hace abstracción de los costeros y desigualdades; pero para tener en cuenta el cubo que falta, es costumbre no medir los lados de la sección sino de 3 en 3 centímetros y la longitud por incrementos de 25 cm. Todo lo que excede de algún múltiplo de estas cantidades en la medida de los lados de la sección o de la longitud, no se cuenta, beneficiándose, por tanto, el comprador.

Cubicación por el bramante.—En el este de Francia se emplea esta cubicación, consistente en tomar con una cinta el contorno de la sección media, adoptando por lado de la madera escuadrada el mayor múltiplo de 2 cm. o de 3 cm. contenido en la cuarta parte de este contorno.»

Cuando se abate un árbol, es siempre fácil medir su circunferencia media, pero no es lo mismo cuando está en pie; en este último caso, precisa medir visualmente el diámetro medio, que se multiplica por 3,1416 para obtener la circunferencia que entra en las fórmulas o métodos indicados anteriormente.

La medida de la altura ofrece también dificultades.

La medida a *estima* es siempre insegura y no comprobable, por lo que es preferible emplear uno de los procedimientos siguientes:

Por medio de un espejo.—Sea AB (fig. 2198) el árbol cuya altura se quiere medir. A cierta distancia del pie se dispone un espejo de modo que su superficie sea horizontal, lo que se comprueba con un nivel de burbuja, o simplemente con una bolita pulimentada, que debe permanecer quieta y sin rodar en el espejo.

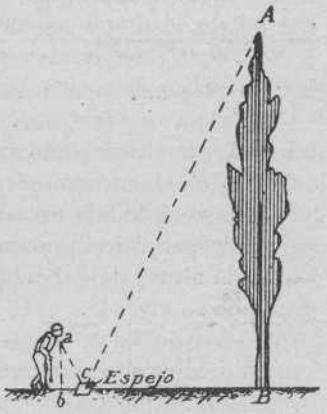


Fig. 2198.
Medición de la altura con un espejo.

El operador se sitúa de forma que vea la imagen en el espejo. La dirección del rayo luminoso reflejado determina dos triángulos rectángulos, ABC y abC. Como el ángulo de incidencia, ACB, es igual al de reflexión, aCb, se concluye que los dos triángulos son semejantes por equiángulos. Se medirán, por tanto, ab, bC, CB, y se determinará AB por la proporción $Cb : CB = ab : AB$, lo que da $AB = \frac{CB \times ab}{Cb}$. Ejemplo: $Cb =$

$= 0{,}80$ m.; $CB = 6{,}20$ m.; $ab = 1{,}60$ m. Se tiene: AB, altura del árbol, $= \dfrac{6{,}20 \times 1{,}60}{0{,}80} = 12{,}40$ m.

Por medio de dos pértigas. — Como indicamos en la figura 2199, se coloca verticalmente una primera pértiga GC, bastante alta y después otra, DE, que tenga próximamente 1,50 m. y dispuesta de modo que el rayo visual EG pase por el punto B, vértice del árbol. Los triángulos semejantes EFG, EIB, que determina la horizontal EI, dan la proporción $EF : EI = FG : IB$; de donde: $IB = \dfrac{EI \times FG}{EF}$ y $BA = BI + IA$ o $BI + ED$. Ejemplo: $ED = 1{,}50$ m., $GC = 4{,}00$ m., $EF = 2{,}00$ m., $EI = 8{,}00$ m. Se tiene $GF = GC - ED = 4{,}00 - 1{,}50 = 2{,}50$ m.; de donde:

$$IB = \frac{18 \times 2{,}50}{2} = 22{,}50 \text{ m.}$$

y

$$BA = 22{,}50 + 1{,}50 = 24{,}00 \text{ m.}$$

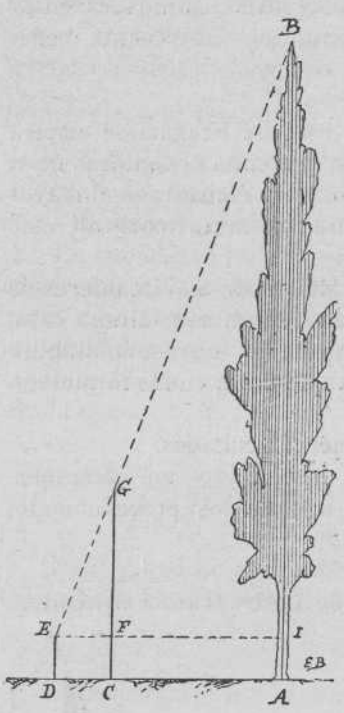


Fig. 2199.—Medición con dos pértigas.

Por medio del grafómetro. — Todos los instrumentos que permitan medir un ángulo vertical, pueden ser empleados en la medida de la altura.

Se dispone el grafómetro en un punto C (fig. 2200), de modo que su línea de fe se dirija según CB y que su limbo esté en un plano vertical. Después se mide el ángulo ABC y la recta CB y se traza sobre el papel a escala este triángulo. La altura del árbol se mide a la escala elegida y se añade la altura del aparato.

Por estos procedimientos se llega a obtener con suficiente aproximación la altura del árbol, dependiendo todo de la precisión con que la operación se efectúe.

La medición de la circunferencia o del diámetro de un árbol en pie es más difícil, por tratarse de una dimensión de escasa magnitud relativa, en cuya apreciación son de más importancia los pequeños errores y para la cual estorba casi siempre el follaje. He aquí un procedimiento indicado por M. Woelffel, inspector forestal:

Por experimentos reiterados se ha investigado la relación que pudiera existir entre la circunferencia de un árbol tomada en su altura

media y la tomada sobre el mismo tronco a 1,33 m. del suelo, habiéndose encontrado que en general esta relación era de $\frac{9}{10}$, cualquiera que sea la altura del árbol.

Así, para determinar la circunferencia media de un árbol conociendo la tomada a 1,33 m. del suelo, basta establecer la proporción siguiente: *10 : 9 = la circunferencia a 1,33 m. del suelo : la circunferencia media;* o, lo que es igual y más sencillo, restar un décimo de la circunferencia medida a 1,33 m. para tener la circunferencia media.

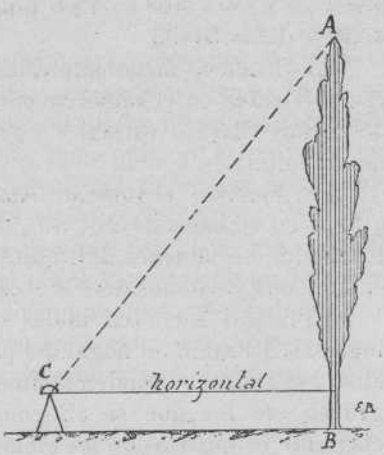


Fig. 2200. — Medición con el grafómetro.

Ejemplo: un árbol de 2,50 m. de circunferencia a 1,33 m. del suelo, tendrá una circunferencia de 2,50 — 0,25 = 2,25 m. en medio de su altura.

Dimensiones de las maderas comerciales

En carpintería de armar se emplean maderas de grandes dimensiones, aunque estas escuadrías tienden a desaparecer, tanto por el empleo cada vez más frecuente del hierro en las partes resistentes, como por la intensa explotación de los bosques, que hace menos frecuentes cada vez los árboles de que pudieran obtenerse.

En pino-tea o americano (pitchpine) pueden encontrarse aún estas grandes escuadrías, de 32 a 60 cm. para jácenas y vigas.

En encina y roble americano son también algo corrientes las grandes piezas para carpintería de armar. Pero las medidas verdaderamente comerciales y de existencia en todos los almacenes son las de tablones, tabloncillos y tablas, principalmente para las maderas de pino, que son las casi exclusivamente empleadas en las armaduras, vigas, cercos de portajes, etc.

El pino de Flandes, de 1.ª, 2.ª ó 3.ª, se vende en tablones de 7,5 × × 22,5, 7,5 × 25, 7,5 × 30,5 y 10 × 22,5, con largos de 3,7 m., 4,2 m., 4,5 m. Tabloncillos o bates de 5 × 12,5, 6,5 × 15, 6,5 × 16,5, 6,5 × 18 y 6,5 × 20. Tablas de 2, 3,5 y 4,2 cm. por distintos anchos y largos.

Esta madera suele venderse por metros cúbicos y más comúnmente por tablones, siendo la base de los precios el *tablón regular,* que tiene 7,5 × 22,5 × 420 cm., y la *docena regular,* que comprende doce de éstos.

El tablón regular tiene, pues, 3 pulgadas por 9 pulgadas por 14 pies, o sea: $3 \times 9 \times 168 = 4536$ pulgadas cúbicas; y la docena regular: $4536 \times 12 = 54432$.

Las maderas finas, empleadas en carpintería de taller y ebanistería, se venden en el comercio por metros cúbicos, siendo generalmente de anchos y largos variables y gruesos constantes en ciertas dimensiones comerciales.

Por ejemplo: el roble de América se vende en tablas de 1 pulgada a 1 $^1/_4$, en tablones de $2 \times 3\ ^3/_4$ ($5 \times 9{,}5$ cm.) y 3×4 ($7{,}5 \times 10$ cm.). El abedul, en tablones de 15 pies y 3×10 pulgadas. El haya del país en tablones y listones de 9×9 cm. con largos de 1,60 m., 4,20 y 5 m.

El nogal satén en tablas de 1, 1 $^1/_2$, 1 $^3/_4$, 2 y 2 $^1/_4$ pulgadas inglesas. El satén, el nogal del país, la caoba, el cerezo silvestre, el aliso y el chopo, se venden también en tablones de 3 $^1/_2$ y 4 pulgadas de grueso, de los que se obtienen pilares de camas, aun cuando lo corriente es sacarlos de las tablas de 1 $^1/_2$ a 2 $^1/_4$ pulgadas, de las que se obtienen también patas de mesas y montantes de muebles diversos.

Se encuentran asimismo en el comercio maderas finas en chapas y regruesos, para muebles.

Defectos y enfermedades de las maderas

Como todo lo que vive, los árboles y las plantas están sometidos a las leyes de transformación que sigue la naturaleza y, por tanto, a las enfermedades, que son una de sus manifestaciones.

Descomposicion del tejido fibroso. — *La putrefacción,* que proviene de las alternativas de sequedad y humedad y que se manifiesta por la descomposición de los tejidos leñosos en una sustancia blanca o tostada. Se produce particularmente a la altura del agua en los pilotes sumergidos en este líquido durante algún tiempo.

La polilla de los árboles se exterioriza por los agujeros practicados por los insectos para penetrar en la madera y salir de ella.

La plétora vegetal, motivada por una abundancia excesiva de materia alimenticia sobre ciertos puntos del árbol, deforma la madera y la hace impropia para su uso en carpintería.

El caldeamiento es un principio de descomposición o podredumbre que se anuncia por manchas negras, blancas o rojas. Las maderas tienen entonces un olor particular. Las partes de madera no del todo secas y empotradas en la mampostería sufren con frecuencia el caldeamiento, por causa de la falta de aire y de la humedad que los morteros le comunican.

El chancro o úlcera, enfermedad debida a una abundancia de savia demasiado grande. Se revela por una supuración interior y exte-

rior; en este último caso el flujo se verifica por una abertura llamada *gotera*.

Acción de los agentes atmosféricos. — *Las grietas* son rajas o hendeduras numerosas y poco profundas, que se producen en la superficie de la madera en dirección perpendicular a las fibras; provienen de la acción del calor intenso y la sequía; debe quitarse la capa atacada para poder utilizar la madera. Frecuentemente tienen por origen una desecación demasiado rápida.

La doble albura o anillo lunar no es otra cosa que una capa de albura o de mala madera interpuesta entre las capas de madera perfecta. Se atribuye esta anomalía a la acción de las fuertes heladas.

Las colainas constituyen una separación entre dos capas anuales, que a veces se extiende por toda la circunferencia, constituyendo un foco de putrefacción.

Las rajas de helada son radiales, de la corteza al corazón y están producidas por la sucesión de fuertes heladas y deshielos. Unas veces la savia, al deshelarse, hace estallar la madera del centro a la circunferencia y otras veces se producen las rajas de la corteza al corazón del árbol y provienen de la hinchazón de la savia bajo la acción de la helada resultante de una temperatura muy baja.

También puede producir estas rajas una desecación demasiado pronta después de cortado el árbol.

La torsión de las fibras es una deformidad de las maderas que se atribuye a la acción del viento cuando encuentra más presa y menos resistencia por un lado que por otro. Es la madera de *trepa* o *repelosa,* en la que las fibras se presentan en todos sentidos; es difícil de trabajar e impropia para la carpintería.

El sámago, alteración debida a la helada y hasta a la escarcha, que desarticula y hace caer los frutos y que quita a la madera parte de su tenacidad y su densidad, dándole un color verdoso característico.

Acción de las plantas parásitas, insectos, etc. — *El cuadrante,* enfermedad caracterizada por hendeduras circulares y radiales que hacen la madera inutilizable en carpintería.

La exfoliación, afección en la que se desprende la corteza, alterando el *líber,* una de las tres envolturas que forman la corteza y la más próxima a la albura.

Los tumores, ocasionados por el deterioro del líber, debido a algún golpe y la acumulación de la savia en ciertos puntos.

Las lupias, debidas a la afluencia de la savia sobre un punto del tronco, y que se manifiestan por una excrecencia de contextura confusa. De los árboles atacados por esta enfermedad no se pueden sacar piezas de gran longitud, pero por el contrario, las lupias dan a veces bonitas placas veteadas y accidentadas, sobre todo cuando se trata de

maderas de olmo, nogal, fresno y otros árboles, que dan diferentes colores, blancos, amarillos o rojizos.

Las exóstosis o abscesos, causados también por la afluencia de la savia en ciertos puntos, y que se traducen por excrecencias. Estos defectos parecen provenir de picaduras de insectos o de la influencia de plantas parásitas.

La herrumbre, que se reconoce por un polvo rojo que cubre las hojas y el tallo.

Los musgos, los líquenes, etc., que se fijan a los árboles y absorben parte de la savia.

El enmohecimiento o moho, imputable con frecuencia a la vejez del árbol.

Los hongos.—No nos ocuparemos de la biología de los hongos destructores de la madera ni de su manera de alterar los tejidos leñosos, invariable para cada especie. El más importante por su frecuencia, la intensidad y la rapidez de sus estragos, es el hongo llamado de los sótanos o de las casas cuyo nombre científico es *merulius lacrimans*. Sus esporos pueden ser traídos por el viento o transportados por las personas o los objetos y hasta existir ya en las hendeduras de las maderas en el momento de su empleo en obra, germinando sobre las maderas húmedas; emiten por uno de sus extremos un tubo miceliano que penetra en el interior de la madera, ramificándose en seguida tanto más cuanto más favorable es el medio.

En muy poco tiempo, bastan algunos meses, este peligroso y enérgico parásito puede destruir todas las maderas de un edificio nuevo.

Después del *merulius lacrimans,* viene por el orden de poder destructor el *polyporus vaporarius*. Desde el punto de vista de los estragos producidos, existe una diferencia entre ambos parásitos: mientras que el merulius lacrimans puede subir hasta los pisos superiores el agua tomada en los sótanos, humedeciendo y descomponiendo la madera de las partes más elevadas de un edificio, el polyporus vaporarius limita su campo de acción a las cuevas y a la planta baja.

En el momento de la recepción no se puede reconocer si las maderas encierran o no gérmenes de infección, esporos o micelios, y como además no se tiene la seguridad de que estos gérmenes no vayan a hacer invasión en seguida, es prudente obrar como si las maderas estuviesen contaminadas y tomar las precauciones antisépticas que indicamos más adelante.

Los otros hongos, menos peligrosos, son numerosísimos y citaremos únicamente las siguientes especies: *physisporus, coniophora, leuzites, trametes, stereum, dædales,* etc.

Los insectos.—He aquí también una familia numerosa y malhechora, de los que citaremos algunas especies: las *termitas,* género del

orden de los neurópteros planipennes, insectos muy pequeños y muy destructores que parece son originarios de la India; los *teredos* (del latín taredo, taladro), género de malacozoarios acéfalos, lamelibranquios, que taladran la madera como su nombre lo indica; por último, algunas especies muy voraces de coleópteros pentámeros y tetrámeros.

Conservación de las maderas

Bajo la influencia de los agentes atmosféricos y de las alternativas de sequedad y humedad, las maderas se alteran, se pudren y se reducen finalmente a polvo. La acción de la savia, que encierra materias solubles susceptibles de fermentar, es la causa principal del deterioro de las maderas. Por esto, es preciso expulsar esta savia o hacerla inofensiva, para lo cual se emplean diferentes procedimientos físicos o químicos que vamos a examinar.

Desecación natural. — La desecación natural al aire es el sistema más antiguo que se conoce. Por lo que respecta a la savia únicamente, una buena precaución, conocida por todos los que explotan los bosques, consiste en proceder a la corta en la época de mínima circulación de la savia, es decir, en nuestros climas, del 15 de noviembre al 15 de diciembre, y además, según los prácticos, esta corta debe hacerse en el *cuarto menguante* de la luna.

Sin conceder demasiada importancia a este detalle, puede no obstante recomendarse su observancia, primeramente porque si esto no beneficia, tampoco puede ser perjudicial, y después porque científicamente nada se opone a admitir que la savia tenga menos fuerza en la luna menguante que en la creciente. Es un fenómeno que parece puede ser asimilado al de las mareas; la misma acción que eleva la masa entera del océano dos veces al día puede producir, en los tubos verticales de la vegetación, en la superficie del globo, una especie de *marea orgánica* que ponga en movimiento de una manera más activa las fuerzas vivas que presiden su desplazamiento y sus modificaciones químicas.

Antes de proceder a la exposición al aire, es preciso tener cuidado de limpiar las maderas, es decir, de quitar todas las partes alteradas, vaciar los nudos podridos e impregnarlos de alquitrán.

En seguida se apilan las maderas interponiendo entre las piezas maderas de desecho de pequeñas dimensiones, llamadas a veces *espolines,* de forma que el aire pueda circular por todas las caras de las maderas. Las primeras hiladas se colocan bastante elevadas para huir de la humedad del suelo.

No es preciso que el secado se efectúe con excesiva rapidez y para ello se colocan las maderas en tinglados que pueden cerrarse por algu-

nos lados según la dirección de los vientos reinantes en la región en que se opera.

A falta de tinglado o cobertizo, pueden cubrirse las maderas con costeros, paja o esteras.

Las maderas deben permanecer apiladas durante tres años; después de este tiempo pueden emplearse.

Inmersión en agua.—Las alteraciones que se producen en las maderas parecen provenir de la savia y de las materias solubles que encierran. Uno de los medios empleados para activar su desecación consiste en sumergirlas en agua dulce corriente, o en agua estancada que se renueva, durante tres meses por lo menos.

El agua de mar sería quizá preferible a causa de la antisepsia de los cloruros alcalinos; pero tiene el inconveniente de propagar los teredos, tan perjudiciales para las maderas, y además las hace más higrométricas.

En los países montañosos se tiene la costumbre de utilizar las corrientes de agua naturales para transportar económicamente los productos de los bosques desde los puntos de producción a los de consumo. Para esto se establecen *almadías* o trenes de maderas compuestos de grandes cantidades de piezas reunidas y ligadas unas a otras y puestas a flote en un río o arroyo suficiente para permitir su paso, aun cuando no sea navegable.

Durante su estancia en el agua se operan en la madera modificaciones que influyen en su calidad; así, los poros se llenan de arena, arcilla, etc., con el resultado de aumentar el peso de las cenizas. Este aumento, según Baer, sería para el haya de 0,57 a 1,24 %; además, el agua quita a la madera los elementos de la savia, de tal modo que la proporción de carbono disminuye, según Heintz, en un 3 %, mientras aumenta la de oxígeno en la misma cantidad. Lo mismo para el peso específico: según Nœrdlinger, en los abetos, cuya densidad natural es de 0,394 a 0,412, se encuentra después de la inmersión que el peso específico se ha reducido entre 0,368 y 0,374.

Pero la inmersión, por sustituir con agua la savia putrescible y fermentescible, es desde luego una operación preservadora, aunque no de un resultado absoluto, porque en primer lugar la humedad es tan perniciosa como la savia como causa de destrucción, y en segundo lugar la madera pierde parte de su fuerza, porque las materias gomosas, albuminosas, resinosas, azucaradas, ácidas o alcaloides que componen la savia (en disolución en el agua absorbida directamente) dan, por su desecación y su cristalización en la superficie de las fibras leñosas, un suplemento de resistencia que la inmersión prolongada se lleva completamente *(Oppermann)*.

Después del transporte fluvial se dejan secar las maderas bajo techado por espacio de cuatro o cinco semanas, colocándolas en pilas

sobre espolines, al abrigo de la humedad del suelo, pudiendo después utilizarse.

Desecación artificial.—La desecación puede conseguirse por medio del vapor. La operación comprende tres períodos: la *lixiviación,* que consiste en someter las maderas a la acción del vapor en un local cerrado; el *oreo* o *aireación,* que es la exposición de las piezas durante un mes en un local bien aireado y seco; la *estufa,* permanencia de un mes igualmente en una pieza caldeada a 30°. Tratadas de este modo, las maderas se hacen quebradizas, higrométricas y su duración disminuye.

Preservación por medio de agentes químicos

Procedimientos del doctor Boucherie. — El primer procedimiento empleado por Boucherie consistía en hacer que los árboles absorbieran, *en pie aún y con hojas,* sales químicas o materias colorantes por medio de entalladuras circulares practicadas alrededor de la albura, y de cubetas circulares, cuyo fondo dejaba paso al tronco del árbol.

El primer perfeccionamiento fué cortar enteramente los árboles, dejándoles todavía cierta cantidad de hojas con objeto de conservar un movimiento de absorción, y sumergir los extremos cortados en un recipiente conteniendo *sulfato de cobre,* sal que se escogió después de diversos ensayos con el sulfato de hierro, cloruro de zinc, etc.

El sistema se transformó de nuevo, y se actúa sobre maderas cortadas ya en trozos rollizos, lo más frescos posible, inyectándoles sulfato de cobre a presión, en lugar de la absorción vegetal, por medio de una serie de tubos que terminan en entalladuras practicadas a media longitud de la pieza. El líquido penetra por su propio peso y por la presión que recibe de una cubeta colocada a unos 4 metros de altura.

Este procedimiento ha dado resultados que pueden considerarse favorables, pero no prolonga suficientemente la duración de las maderas.

Procedimiento Bethell.—El sistema consiste en inyectar las maderas con sulfato de cobre, en un cilindro cerrado donde se hacen hervir las piezas; la sal penetra por la presión del vapor y en seguida por la contrapresión del aire, cuando el cilindro se enfría y el vapor se condensa. Se toma de nuevo la madera así inyectada y se hace secar en una estufa, para no dejar más que la sal cristalizada, que impide la fermentación de la albúmina contenida en la savia. Finalmente, se ter-

mina sumergiendo las maderas secas, al salir de la estufa, en una caldera larga conteniendo alquitrán de hulla en bruto.

Procedimiento Payn. — Este procedimiento consiste en producir en las fibras mismas de la madera un sulfato de barita insoluble, por la combinación del *sulfuro de bario* y *sulfato de hierro,* inyectados sucesivamente.

«Es evidente que en el primer contacto de las dos sales, el precipitado se produce inmediatamente; por lo tanto, las fibras se obstruyen desde su entrada y es imposible que la doble sal penetre hasta el centro de las maderas; a lo más, puede impregnar su superficie en una película muy delgada.

»Además, el procedimiento que consiste en poner la madera en un gran cilindro de fundición en el que se ha hecho el vacío, y en forzar la penetración del sulfato por medio de bombas de inyección, es completamente embarazoso y molesto.» *(Oppermann).*

Procedimiento inglés. — Se emplea la creosota pura o combinada con el alquitrán de hulla, o el ácido piroleñoso. Este compuesto es el que puede proporcionar a la madera la máxima garantía de duración.

Procedimiento V. Fréret. — Este procedimiento consiste en obtener la desecación por medio de *estufas de circulación de humo,* que dejan escapar los vapores húmedos sin que se condensen sobre las maderas.

La inyección artificial está reemplazada aquí por una absorción natural de ácido acético o piroleñoso y de creosota, que se produce por la misma acción del humo caliente sobre las maderas puestas en la estufa.

Procedimiento Kyan. — Este procedimiento consiste en la inmersión de las maderas en un baño de sublimado corrosivo.

Del manual de Huguenin tomamos las notas siguientes:

Solución de sulfato de cobre: 1 parte de sal, 5 partes de agua; presión de inyección: 8 a 10 atmósferas.

Solución de cloruro de zinc: 1 : 24; las maderas están sumergidas en vapor durante una o dos horas, en el vacío durante una o dos horas y media, y en la citada solución, sometida a una presión de 8 atmósferas, una o dos horas.

Solución de protocloruro de mercurio: 1 : 50; las maderas están sumergidas ocho o nueve días en la solución. Es el procedimiento Kyan.

Creosota.—Hierve a los 235° C; penetra sin residuos grasos en las maderas de testa previamente secas; las maderas se someten a la desecación en hornos durante seis horas aproximadamente; después se intro-

ducen en el vacío durante una hora, y en seguida en la solución durante unas dos horas.

Procedimientos diversos. Carbonización.—La carbonización está muy extendida. Consiste en flamear la madera por medio de un mechero de gas; se produce una película bajo la cual está la madera tostada, con un color moreno. En esta capa se han desarrollado productos creosotados eminentemente antisépticos. Este procedimiento es sobre todo conveniente para el roble que, poco permeable, se deja penetrar difícilmente por los líquidos. Se emplea ventajosamente la carbonización para los pilotes.

Alquitranado.—Cuando una madera está sana y bien seca, se protege bastante eficazmente cubriéndola con una o dos capas de alquitrán, que puede ser vegetal, extraído de los árboles resinosos, o más bien mineral, obtenido por destilación de la hulla.

Carbolineum. — Se llama *carbolineum avenarius,* y en el comercio *carburinol, carbonilo, carboneina.* Son productos extraídos del alquitrán de hulla y que contienen creosota. Se emplean como una pintura, pero, cuando es posible, conviene, antes de extender la capa, llevar la pieza de madera a una temperatura relativamente elevada, 30 a 35° aproximadamente, y esto facilita la impregnación.

Las maderas alquitranadas o protegidas con carbolineum no pueden ser pintadas.

Microsol.— El microsol contiene alrededor de un 70 °/₀ de sulfato de cobre, sulfato de sosa, de cal, sílice libre y otras sustancias. Su empleo es por inmersión y puede pintarse encima sin inconveniente, según parece.

Pintura al aceite.—Donde el alquitranado no podría emplearse por su desagradable olor y por la imposibilidad de pintar al aceite una superficie previamente alquitranada, en las maderas bien secas se puede pintar con una o dos manos de pintura al óleo, después de una imprimación con aceite de linaza hirviendo; es un buen medio de protección contra las efectos de la humedad.

CAPÍTULO XXV

Resistencia de las maderas

No nos proponemos desarrollar un tratado de resistencia de las maderas, pretendiendo sólo dar algunos cálculos muy sencillos, que no exigen para ser comprendidos y aplicados conocimientos muy extensos o especiales. Para ello existen buenas obras que pueden consultarse si se quiere ir más lejos en la busca de una teoría más sabia y científica.

A nuestro juicio, sobre todo con la madera, tan variable en cuanto a calidad, homogeneidad y tenacidad, es de elemental prudencia adoptar un coeficiente de seguridad muy lejano de la cifra correspondiente a la ruptura.

En todas las construcciones, cualesquiera que sean, los materiales se encuentran sometidos a diferentes esfuerzos, que son: *compresión* o aplastamiento; extensión o *tracción; flexión,* que es un compuesto de extensión y compresión; *esfuerzo de desgarramiento* o deslizamiento de las fibras, y *torsión.*

Compresión en sentido longitudinal. — Las piezas comprimidas son los pies derechos y en general todas las piezas que descansan sobre un apoyo sólido y que están cargadas en su parte superior; en una cercha o cuchillo, los pares están comprimidos si la estructura se compone de triángulos y no existen cargas entre los nudos; los tornapuntas, puntales, jabalcones, cuadrales, etc., son piezas comprimidas. En los diagramas de esfuerzos que hemos unido a algunos de nuestros ejemplos hemos indicado con trazos gruesos las piezas sometidas a compresión, siendo, por tanto, muy fácil darse cuenta.

Para que el cálculo sea útil y ofrezca las necesarias garantías de exactitud, es indispensable primeramente darse cuenta de la carga que deberá soportar una pieza, pues todo error en la evaluación del esfuerzo podría tener resultados desastrosos.

Para un soporte vertical cualquiera, un pie derecho por ejemplo, aconsejamos sea considerado como libre por sus dos extremos, es decir, sin ningún empotramiento, porque en la práctica no se tiene nunca una seguridad de tener un ajuste o ensamble perfecto en toda la superficie

de la sección; y porque además la madera es un material de resistencia tan variable e incierta, que siempre es mejor exagerar el margen de seguridad.

Cargas que producen el aplastamiento

Maderas	CARGAS DE APLASTAMIENTO por centímetro cuadrado de sección		CARGAS DE SEGURIDAD POR CENTÍMETRO CUADRADO de la carga que determina el aplastamiento					
			construcciones provisionales 1/5		construcciones permanentes; carga de seguridad usual 1/7		construcciones permanentes; carga de seguridad prudente 1/10	
	Madera al estado ordinario	Madera muy seca	Madera ordinaria	Madera muy seca	Madera ordinaria	Madera muy seca	Madera ordinaria	Madera muy seca
	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.
Aliso	480	489	96	97,8	68	69,8	48	48,9
Fresno	610	658	122	131	87	94	61	65,8
Laurel	528	528	105	105	75	75	52,8	52,8
Haya	543	658	108	131	77	94	54,3	65,8
Abedul de América	»	820	»	165	»	117	»	82
Abedul de Inglaterra	232	450	46,4	90	33	64	23,2	45
Cedro	399	412	79,8	82	57	58,8	39,9	41,2
Manzano silvestre	457	502	91	100	65	71,7	45,7	50,2
Abeto rojo	404	463	80	92	57,7	66	40,4	46,3
Abeto blanco	477	513	95	102	68	73	47,7	51.3
Abeto blanco	135	»	27	»	19,2	»	13,5	»
Abeto común	462	538	92	107	66	76,8	46,2	53,8
Saúco	524	701	105	140	74,8	100	52,4	70,1
Olmo	»	726	»	145	»	103	»	72,6
Abeto de Prusia	457	479	91	95 8	65	68,4	45,7	47,9
Horn beam	319	512	63,8	102	45,5	73	31,9	51,2
Caoba	576	576	115	115	82	82	57,6	57,6
Roble de Québec	297	421	59,4	85	42,4	60	29,7	42,1
Roble inglés	456	707	91	141	65	101	45,6	70,7
Roble de Danzig	»	543	»	108	»	77,5	»	54,3
Roble francés	385	463	77	92	55	66	38,5	46,3
Pino resinoso	477	477	95	95	68	68	47,7	47,7
Pino blanco resinoso	378	383	75,6	76 5	54	54,7	37,8	38,3
Pino rojo	379	528	75,8	105	54	75,4	37,9	52,8
Alamo	218	360	43,6	72	31	51	21,8	36
Cerezo	379	737	75,8	147	54	105	37,9	73,7
Sicomoro	498	»	99,6	»	71	»	49,8	»
Teca	»	850	»	170	»	121	»	85
Alerce	225	391	45	78	32	55,8	22,5	39,1
Nogal	426	508	85	101	60,8	72,5	42,6	50,8
Sauce	203	431	40	86	29	61	20,3	43,1

Por el cuadro precedente se ve cuán importantes son las diferencias de resistencia que pueden existir entre las distintas clases de maderas. Debemos además decir que estas diferencias se manifiestan también con frecuencia entre maderas de la misma especie, según su proceden-

cia y su estado. Por esto, como nunca se conoce demasiado bien la madera que se emplea, es preferible tomar como carga de seguridad el décimo solamente de la carga que determina el aplastamiento, que es el que figura para cada madera a la derecha de nuestro cuadro.

Cuando la altura de una pieza comprimida es solamente seis veces su ancho, es decir, h, diámetro o lado, es igual a $^1/_6$ de l, longitud de la pieza (fig. 2201), no se tiene en cuenta el *pandeo*. Cuando una pieza cuya longitud excede en cierto número de veces la menor dimensión de su sección, está cargada en el sentido de su longitud, esta pieza puede encontrarse sometida al mismo tiempo a un esfuerzo de compresión y a un esfuerzo de flexión, y por consiguiente puede romperse antes de aplastarse.



Fig. 2201.
Pieza en que $\frac{l}{h} = 6$.

Si suponemos una pieza absolutamente homogénea, con fibras de igual resistencia, absolutamente recta; que la carga que obra sobre ella está exactamente en la dirección de su eje, y por último, que sus superficies de apoyo son matemáticamente regulares, no habrá, fuera de los esfuerzos horizontales accidentales, razón ninguna para que se produzca una flexión. Pero no siempre ocurre así, y basta que el apoyo de la pieza sea ligeramente imperfecto o el corte defectuoso, para que la flexión se manifieste. Véase, exagerando (fig. 2202), lo que ocurriría: las fibras de la cara a, únicas cargadas, se comprimirían hasta que los puntos b y c llegasen a tomar contacto con el apoyo y se produciría una flexión como resultado.

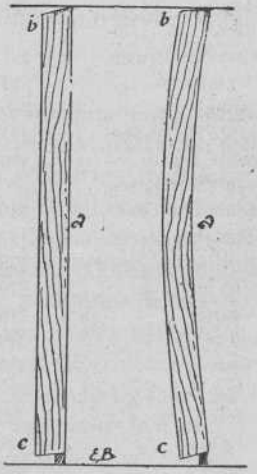


Fig. 2202.
Defecto de apoyo.

Por estas razones se admite que la resistencia de una pieza comprimida disminuye tanto cuanto aumenta la relación entre su longitud y la menor dimensión transversal.

Por lo tanto es preciso, para calcular una pieza comprimida, ver cuántas veces h está contenido en l y puede obtenerse el trabajo para una pieza comprimida *de extremos libres*, como un apeo vertical.

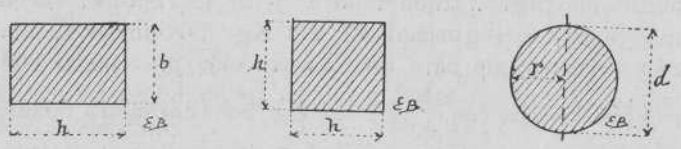
Según la fórmula semiempírica de Rankine, la tensión admisible k_2 en una pieza de extremos libres comprimida en el sentido de su longitud, viene dada por la expresión

$$k_2 = \frac{P_1}{S}\left(1 + \alpha \frac{l^2 S}{J}\right),$$

de donde se obtiene la carga admisible

$$P_1 = \frac{S k_2}{n}, \qquad \text{ó} \qquad n = 1 + \alpha \frac{l^2 S}{J}.$$

Siendo P la carga admisible; S la superficie de la sección transversal; J el momento de inercia de la sección, $\frac{b h^3}{12}$ para un rectán-



Figs. 2203 a 2205. — Secciones rectangular, cuadrada y circular.

gulo (fig. 2203); $\frac{h^4}{12}$ para un cuadrado (fig. 2204); $\frac{\pi r^4}{4}$ para un círculo (figura 2205); l = longitud de la pieza; $\alpha = 0{,}0008$.

Para evitar cálculos bastante largos, ofrecemos un cuadro que da los valores de n para las diferentes relaciones de la longitud a la menor dimensión transversal, $\frac{l}{b}$, $\frac{l}{h}$ o $\frac{l}{d}$ de nuestras figuras 2203, 2204 y 2205.

RELACIONES	SECCIÓN circular	SECCIÓN rectangular	RELACIONES	SECCIÓN circular	SECCIÓN rectangular	RELACIONES	SECCIÓN circular	SECCIÓN rectangular
5	1,32	1,24	30	12,5	9,64	55	39,7	30
10	2,28	1,96	32	14,1	10,8	60	47,1	30,6
12	2,84	2,38	34	15,8	12,1	65	55,1	41,6
14	3,51	2,88	36	17,6	13,4	70	60,4	48
16	4,28	3,46	38	19,5	14,9	75	73	55
18	5,15	4,11	40	21,5	15,4	80	80,9	62,4
20	6,12	4,84	42	23,6	17,9	90	105	78,8
22	7,19	5,65	44	25,8	19,6	100	129	97
24	8,34	6,53	46	28,1	21,3			
26	9,65	7,49	48	30,5	23,1			
28	11	8,52	50	33	25			

Puede emplearse este cuadro para determinar la sección que debe darse a un pie derecho de una longitud cualquiera y cargado con un peso determinado, sin tener en cuenta la base plana, que muchas veces está mal asentada, o un empotramiento que no siempre será real; será un suplemento de seguridad que compensará los posibles defectos de la materia y que con la madera sobre todo no es de despreciar.

Si queremos saber qué sección en centímetros cuadrados es preciso dar a un pie derecho de 4 metros de altura y 20 cm. de lado en su menor dimensión, veremos primeramente que $\frac{4,00}{0,20} = 20$, relación de la menor dimensión transversal a la longitud; después buscaremos en la columna de las relaciones la cifra 20 y en la misma línea encontraremos 4,84 en la columna de las secciones rectangulares.

Si adoptamos, por ejemplo, el abeto blanco, madera seca de nuestro cuadro de cargas, trabajando a $^1/_5$ de la ruptura, encontraremos una carga de seguridad de 102 Kg. Dividiremos esta cifra por 4,84 y veremos que para una construcción provisional podremos cargar el pie derecho con $\frac{102}{4,84} = 21$ Kg. por centímetro cuadrado.

El pie derecho considerado, que tiene una sección de 400 centímetros cuadrados, podrá, pues, soportar $400 \times 21 = 8400$ Kg.

Si, inversamente, conocemos el peso por un tanteo facilitado por la práctica, llegaremos a encontrar la sección necesaria.

Es muy raro en las construcciones de madera que un pilar o pie derecho tenga una relación de la longitud al lado superior a 30; la busca se encontrará así circunscrita a las doce primeras relaciones de nuestro cuadro. Ejemplo: Tenemos una carga de 10000 Kg. y la altura del poste es de 4,50 m. Tomaremos arbitrariamente una madera de 25 cm. de lado, o sea una relación de $\frac{4,50}{0,25} = 18$.

Haciendo trabajar la madera a 60 Kg. por centímetro cuadrado, dividiremos 60 Kg. por 4,11, valor de n, y tendremos un trabajo admisible de $\frac{60}{4,11} = 14,500$ Kg., aproximadamente.

Una madera cuadrada de 0,25 m. de lado deberá por tanto soportar: $25 \times 25 = 625$ cm², y $625 \times 14,500 = 9062,500$, resultado que se acerca mucho a 10000.

Las cargas que encontramos así están lejanas de las que ordinariamente se encuentran en los cálculos hechos para la compresión de los pies derechos, pero repetimos que hemos tenido en cuenta las peores condiciones que puedan presentarse.

He aquí además algunos datos que permitirán proceder de otra manera:

Especializando para el roble, Rondelet toma 420 kilogramos de fuerza resistente media y admite que pueden cargarse las piezas con 60 Kg. por centímetro cuadrado.

Esta resistencia disminuye a medida que aumenta la altura, es decir, que la relación de la menor dimensión transversal a la altura se hace más considerable.

Rondelet admite que cuando la relación no pasa de 8 no hay pandeo, y da las cargas de seguridad siguientes por centímetro cuadrado:

Relaciones	RESISTENCIA VARIABLE según la relación	CARGA DE SEGURIDAD por centímetro cuadrado
1	1	60 Kg. (1)
12	5/6	50 »
24	1/2	30 »
36	1/3	20 »
48	1/6	10 »
60	1/12	5 »
72	1/24	2,5 »

Hodgkinson ha dado las fórmulas siguientes que permiten calcular los pies derechos:

a, lado menor de un pie derecho rectangular; *b*, lado mayor del rectángulo; *c*, lado de un pie derecho cuadrado; *l*, longitud del pie derecho.

Para un pie derecho cuadrado de roble:

$$P = 256{,}5 \times \frac{c^4}{l^2}.$$

Para un pie derecho rectangular de roble:

$$P = 256{,}5 \times \frac{a\,b^3}{l^2}.$$

Para un pilar cuadrado de abeto:

$$P = 180 \times \frac{c^4}{l^2}.$$

Para un pilar rectangular de abeto:

$$P = 180 \times \frac{a\,b^3}{l^2}.$$

a, *b*, *c* están expresados en centímetros y *l* en decímetros. El número 180 es una media. Se puede tomar 214 para el abeto rojo y 160 para el menos resistente.

Estas fórmulas pueden ser aplicadas desde $\frac{l}{c} = 1$ hasta $\frac{l}{c} = 35$.

Ejemplo:

Un pie derecho de sección cuadrada de 22 cm. de lado, de roble fuerte, y de 2,50 m. de longitud podrá soportar:

$$P = 256{,}5 \times \frac{22^4}{25^2} = 96187 \text{ kilogramos.}$$

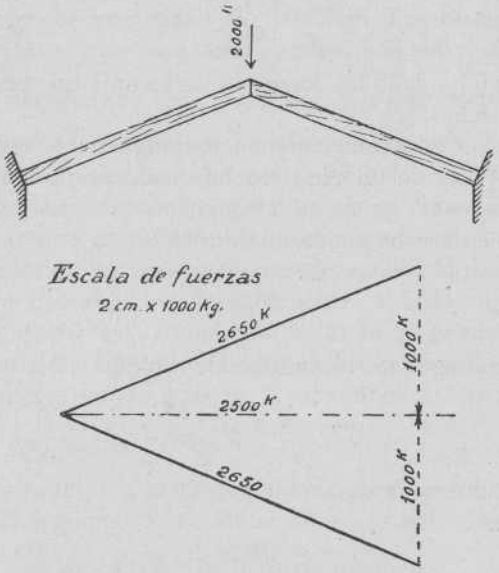
(1) Esta carga varía según el cuadro de cargas indicado anteriormente para las distintas maderas; representa 1/5, 1/7 ó 1/10 de la carga de aplastamiento.

Si, por el contrario, conocemos el peso $P = 12000$ Kg., y la altura $l = 5$ metros, tendremos:

$$c^4 = \frac{12000 \times 50^2}{256{,}5} = 116960, \qquad \text{y} \qquad \sqrt[4]{116960} = c \text{ ó } 0{,}185 \text{ m.}$$

Se tendrá, pues, un pie derecho de 0,185 m. de lado.

En los sistemas triangulados, pueden apreciarse los esfuerzos de compresión impuestos a las piezas por medio de la estática gráfica.



Figs. 2206 y 2207. — Piezas comprimidas.

Tomemos por ejemplo dos piezas inclinadas apoyando una contra otra (figs. 2206 y 2207) y cargadas en el vértice con un peso de 2000 Kg.

Para hacer el diagrama de esfuerzos, siendo vertical la dirección de la carga, llevaremos sobre una vertical (1) la carga de 2000 Kg. a una escala cualquiera (nuestro croquis está a 0,02 m. por 1000 Kg.) y trazaremos una horizontal por el eje, es decir, que tendremos 1000 Kg. por encima, carga del par de la izquierda, y 1000 Kg. debajo, carga del par de la derecha. En seguida trazaremos líneas paralelas a los pares de la figura 2206 y las llevaremos hasta la horizontal. No hay más que medir a la escala elegida (2 cm. por 1000, en nuestro dibujo)

(1) Si la dirección de la carga fuese oblicua, sobre una línea de la misma oblicuidad se llevaría la carga a la escala escogida y entonces se vería trabajar los dos pares de maneras distintas.

el esfuerzo de compresión producido en un par y encontraremos 2650 Kg. Conociendo la longitud de la pieza, será fácil ver cuántos centímetros cuadrados serán necesarios para la compresión encontrada.

Este pequeño diagrama da al mismo tiempo el empuje, en el sentido del eje del par, ejercido sobre los puntos de apoyo, que es también de 2650 Kg., y además el empuje horizontal que, representado por la línea de eje, da 2500 Kg.

Se pueden ver también los esfuerzos impuestos a las diferentes piezas. De ello hemos dado numerosos ejemplos en nuestro capítulo que trata de las cubiertas.

Compresión transversal.—En las construcciones de madera, casi todas las piezas comprimidas, flexadas o extendidas, trabajan en el sentido de la longitud de las fibras.

Hay, no obstante, ciertas piezas que sufren un esfuerzo de compresión perpendicularmente a la dirección de las fibras, es decir, transversalmente. Tales son, por ejemplo, las carreras de un entramado; situadas horizontalmente, sostienen pies derechos que les imprimen una presión, la cual tiende a disminuir, en el punto en que descansan, el grueso de su escuadría comprimiendo las fibras unas contra otras.

Se debe tanto más tener en cuenta la capacidad más o menos grande de la madera para soportar una presión transversal, cuanto que en este sentido las maderas se contraen o se dilatan en proporciones relativamente considerables, mientras que en el sentido de la longitud las variaciones son, por decirlo así, nulas, y una depresión causada por una carga añadida a una construcción podría producir la deformación de una obra.

Gauthey, Tredgold y Poncelet dan los resultados siguientes obtenidos por la compresión perpendicular al sentido de las fibras y por centímetro cuadrado de superficie comprimida:

Clase de madera	CARGA DE APLASTAMIENTO por centímetro cuadrado	CARGA DE SEGURIDAD por centímetro cuadrado
	Kg.	Kg.
Roble francés	160	16
Roble inglés	108	10
Abeto amarillo	70	7
Alerce	94	9,4
Alamo	125	12,5

Es prudente no tomar más que 10 Kg. por centímetro cuadrado para el roble, y 7 Kg. por centímetro cuadrado para el abeto y aún será mejor mantenerse por debajo de estas cifras.

Extensión o tracción longitudinal.—Las maderas soportan bien el trabajo de tracción, como se ve por las cifras siguientes, que da Poncelet:

Clase de madera	TRACCIÓN	
	CARGA DE RUPTURA por centímetro cuadrado	CARGA DE SEGURIDAD por centímetro cuadrado
	Kg.	Kg.
Roble	600 a 800	60 a 80
Abeto	800 a 900	80 a 90
Alamo temblón	600 a 700	60 a 70
Fresno	1200	120
Olmo	1040	104
Haya	800	80
Teca	1100	110
Boj	1400	140
Peral	690	69
Caoba	560	56

Se ve por estos resultados que la madera se porta bastante bien trabajando a tracción, pero el punto débil reside en los ensambles de los extremos de las piezas estiradas, y nunca será demasiado el cuidado que se ponga en esta parte tan esencial como es el ensamble.

Las mejores formas de ensamblaje, para un tirante por ejemplo, son los cepos rebajados y sujetos con pernos, y si el tirante es de una pieza, el ensamble del par con el tirante a caja, espiga y barbilla. Los ensamblajes de espiga enclavijada y cola de milano no convienen sino cuando la tracción es poco considerable.

Extensión transversal. — Los esfuerzos de extensión transversal tienden a separar las fibras de la madera. Es el caso de las espigas, colas de milano, etc.; la resistencia es mínima, y lo mejor cuando se ensambla a otra una pieza estirada, es abrazar aquélla por medio de un estribo que interese la sección entera y no tienda a separar las fibras.

Poncelet da como resistencia absoluta a la extensión transversal 160 Kg. por centímetro cuadrado para el roble; 125 Kg. para el álamo y 94 para el alerce.

El máximo que debe tomarse como carga de seguridad es de 16 Kg. para el roble, 12,5 Kg. para el álamo y 9,4 Kg. para el alerce, es decir $^1/_{10}$.

Deslizamiento longitudinal de las fibras. — Es el género de esfuerzo que se produce cuando una pieza estirada está sujeta en su extremo por una clavija, por una ensambladura de cola de milano o por

una muesca. Se produce un esfuerzo que tiende a hacer deslizar unas fibras sobre otras en su sentido longitudinal. La tendencia al deslizamiento es mucho menos sensible en una ensambladura de cola de milano, porque en este caso hay una compresión de las fibras que aumenta a medida que la cola es solicitada hacia el exterior.

La resistencia absoluta es para el roble de 160 Kg. y para el abeto de 40 Kg. por centímetro cuadrado. Tomando el décimo como coeficiente de seguridad, se tendrá 16 Kg. para el roble y 4 Kg. para el abeto.

Flexión.—La flexión es el trabajo impuesto a una pieza cualquiera, vigueta, viga, correa, etc., que, descansando sobre dos apoyos, soporta una carga uniformemente repartida en su longitud o localizada en un punto, o bien sobre varios puntos del vano.

En una pieza flexada las fibras situadas encima del eje longitudinal están sometidas a un esfuerzo de compresión; las que se encuentran debajo de este eje sufren un esfuerzo de tensión. La compresión es máxima para las fibras de la cara superior y va disminuyendo hasta el eje, llamado fibra neutra, donde es nula. La tensión es máxima para las fibras de la cara inferior y disminuye para llegar a cero en la fibra neutra.

El trabajo de flexión es, pues, un compuesto de compresión y tensión.

Pieza cargada con un peso uniformemente repartido.—Es el caso de una vigueta de suelo o de una viga que soporta un envigado, que puede calcularse como cargada uniformemente en toda su longitud, porque si quisiera calcularse teniendo en cuenta cada vigueta soportada, es decir, un gran número de cargas en diferentes puntos de la longitud, se haría un trabajo de cálculo bastante largo para llegar a un resultado sensiblemente igual.

Procederemos a dar algunos ejemplos.

Para calcular una viga sometida a flexión es preciso ante todo conocer: la luz, es decir, la separación entre los puntos de apoyo; la separación de eje a eje de las distintas vigas; la carga permanente o peso muerto procedente de los materiales que componen el suelo, y la carga accidental o sobrecarga, que resulta de las personas u objetos que se apoyarán en el suelo.

La luz es fácil de conocer, viniendo dada por la planta de la construcción; la separación entre vigas se fija arbitrariamente y puede variar según las cargas y la escuadría de las maderas de que se dispone; el peso comprendiendo la carga y la sobrecarga se determina multiplicando el número de metros cuadrados que soporta la viga, por un número determinado de kilogramos por metro cuadrado, es decir, que se multiplica la luz por la separación y después por el peso total admitido por metro cuadrado.

Para una viga apoyada libremente sobre puntos fijos y cargada uniformemente en toda su longitud se tendrá, como es el caso para las viguetas indicadas en la figura 2208:

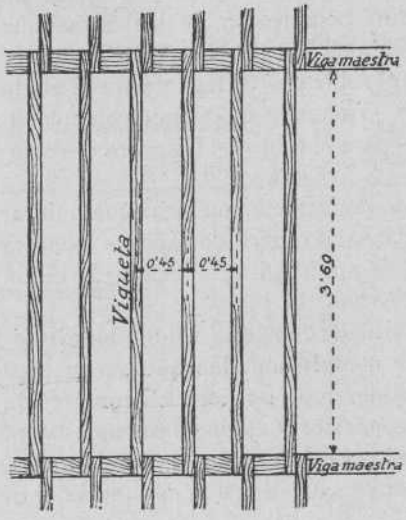


Fig. 2208. — Vigas y jácenas.

Luz: 3,60 m.; separación de las viguetas, 0,45 m.; carga y sobrecarga por m² (escogidas arbitrariamente): 500 Kg.

Una vigueta soportará, por tanto: 3,60 m. × 0,45 m. × × 500 Kg. = 810 Kg.

Necesitaremos por tanto una pieza que, con 3,60 m. de luz, pueda soportar una carga de 810 Kg.

$\frac{PL}{8} = R\frac{I}{n}$, en que P es el peso total sostenido; L la luz de la pieza entre apoyos; $\frac{PL}{8}$ el momento máximo de flexión. $\frac{I}{n}$ es el momento resistente, y R un coeficiente de seguridad que hacemos para la madera 600000, es decir, que la madera trabaja a 60 Kg. por centímetro cuadrado.

$$\frac{I}{n} = \frac{PL}{8} : R.$$

$$\frac{PL}{8} = \frac{810\ \text{Kg.} \times 3{,}60\ \text{m.}}{8} = 364{,}5.$$

$$\frac{I}{n} = \frac{364{,}5}{600000} = 0{,}0006075.$$

Necesitamos, por tanto, una sección cuyo valor $\frac{I}{n}$ o módulo resistente = 0,000 6075. Esta operación puede ser larga si no se dispone de tablas o cálculos hechos, porque sólo se llega al resultado por tanteo.

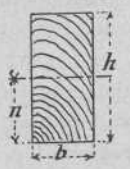


Fig. 2209. Sección de viga.

El valor $\frac{I}{n}$ para una pieza de sección rectangular (figura 2209) viene dado por la fórmula $\frac{bh^3}{12}$ dividido por $^1/_2$ de la altura.

Supongamos por ejemplo una pieza de 7,5 cm. de ancho (b de la figura) y 22 cm. de altura (h de la figura); tendre-

mos: $\frac{I}{n} = \frac{\frac{0{,}075 \times 0{,}22^3}{12}}{0{,}11} = 0{,}000\,605$, cifra ligeramente inferior a la necesaria.

Apliquemos el mismo procedimiento de cálculo a una jácena o viga principal, dándole por hipótesis una luz de 6 metros, una separación de 3,75 m. entre ejes y una carga total por metro cuadrado de 500 Kg.

Una jácena cargará:

$$6 \text{ m.} \times 3{,}75 \text{ m.} \times 500 \text{ Kg.} = 11\,250 \text{ Kg.}$$

Tendremos, pues:

$$\frac{PL}{8} = \frac{11\,250 \times 6{,}00}{8} = 8437 \text{ Kg. para el momento flexor.}$$

$\frac{I}{n}$ será igual a $\frac{PL}{8}$ dividido por R, que tomamos igual a 600000 y $\frac{8437}{600000} = 0{,}01406$.

Supongamos una madera de 0,40 m. de ancho y 0,47 m. de altura, y encontraremos:

$$\frac{I}{n} = \frac{\frac{0{,}40 \times 0{,}47^3}{12}}{0{,}235} = 0{,}01472,$$

cifra ligeramente superior a la necesaria; tendremos, pues, que disminuirla un poco y comenzar el cálculo de nuevo, lo que puede hacerse con más rapidez procediendo de la manera siguiente:

Conociendo el valor $\frac{I}{n}$ necesario, por el cálculo que se habrá hecho del peso del suelo, y teniendo en cuenta la altura de la madera de que puede disponerse, se hará el cálculo $\frac{\frac{bh^3}{12}}{n}$ aplicado a 0,01 m. de ancho solamente.

Esta operación nos dará, si conservamos la altura 0,47 m. de nuestro ejemplo anterior:

$$\frac{\frac{0{,}01 \times 0{,}47^3}{12}}{0{,}235} = 0{,}0003675.$$

No tendremos más que multiplicar por un número que nos dé un valor tan aproximado a 0,01406 como sea posible, lo que encontraremos multiplicando por 38, que da $0{,}0003675 \times 38 = 0{,}013965$, valor casi equivalente al necesario. La jácena tendrá, por tanto, una sección de $0{,}47 \times 0{,}38$ m.

Vigas armadas. — Para las vigas armadas, compuestas de varias piezas, análogas a las que hemos dado en las figuras 279 a 282, se

admite que su resistencia es aproximadamente los $^3/_4$ de la de una viga de la misma sección, hecha de una pieza.

Después de haber determinado el trabajo R que se quiere imponer a una pieza de madera, según su especie y clase, y conociendo las dimensiones de base y altura de la sección, así como la luz, por la fórmula siguiente se puede ver la carga uniformemente repartida que podrá soportar esta pieza:

$$P = \frac{8\,R\,\frac{I}{n}}{L}.$$

Para conocer rápidamente el valor $\frac{I}{n}$ y la carga que puede soportar una pieza de madera, no habrá más que consultar el cuadro que se da más adelante, calculado para un trabajo de 60 Kg. por centímetro cuadrado.

Este cuadro da el trabajo a la flexión, o las cargas uniformemente repartidas que pueden soportar las maderas desde 0,06 m. a 0,45 m. de altura, *por 0,01 m. de espesor.*

De estas cargas conviene deducir el peso propio de la pieza según la densidad de la madera escogida, roble, abeto, etc., porque con ciertas luces desproporcionadas a su fuerza, la madera flexaría por su solo peso, sin ninguna carga.

h Altura	b Base	$\frac{I}{n}$	CARGA UNIFORMEMENTE REPARTIDA EN KILOGRAMOS para una luz de: ($R = 600000$ Kg por m²)							
			1 m.	2 m.	3 m.	4 m.	5 m.	6 m.	7 m.	8 m.
m.	m.									
0,06	0,01	0,000006	28	14	9	7	5	—	—	—
0,08	»	0,000010	48	24	16	12	9	8	—	—
0,10	»	0,000016	76	38	25	19	15	12	10	—
0,11	»	0,000020	96	48	32	24	19	16	13	12
0,12	»	0,000024	115	57	38	28	23	19	16	14
0,14	»	0,000032	153	76	51	38	30	25	21	19
0,16	»	0,000043	206	103	68	51	41	34	29	25,5
0,18	»	0,000054	259	129	86	64	51	43	37	32
0,20	»	0,000067	321	160	107	80	64	53	45	40
0,22	»	0,000080	384	192	128	96	76	64	54	48
0,23	»	0,000088	422	211	146	105	84	70	60	52
0,24	»	0,000096	460	230	153	115	92	76	65	57
0,26	»	0,000113	542	271	180	135	108	90	77	67
0,28	»	0,000130	624	312	208	156	124	104	89	78
0,30	»	0,000150	720	360	240	180	144	120	102	90
0,32	»	0,000170	816	408	272	204	165	136	116	102
0,34	»	0,000193	926	463	308	231	185	154	132	115
0,36	»	0 000216	1036	518	345	259	207	172	148	129
0,38	»	0,000240	1152	576	384	288	230	192	164	144
0,40	»	0,000266	1276	638	425	319	255	212	182	159
0,45	»	0,000337	1617	808	539	404	325	269	230	202

Nada más sencillo que servirse de las cifras de esta tabla: supongamos que queremos tener el valor $\frac{I}{n}$ de una madera de 0,30 m. de altura y 0,10 de base o ancho; tomaremos en la tercera columna de la izquierda el valor $\frac{I}{n}$ correspondiente a la altura 0,30 m. de la primera columna, valor calculado para 0,01 m. de base o ancho, y lo multiplicaremos por 10, puesto que la pieza en cuestión tiene 10 centímetros de base, y tendremos:

$$0{,}000150 \times 10 = 0{,}0015, \text{ valor } \frac{I}{n} \text{ de la sección } 0{,}30 \times 0{,}10.$$

Si además queremos saber lo que soportará esta pieza de 0,30 metros $\times$ 0,10 m., con 6 metros de luz, tomaremos en la novena columna la carga 120 Kg., que multiplicaremos por 10, puesto que tenemos 10 centímetros de base y 120 no representa más que la carga de una pieza de base un centímetro, y tendremos: $120 \times 10 = 1200$, carga que puede soportar la pieza para una luz de 6 m. trabajando a 60 Kg. por centímetro cuadrado, pero de la que conviene deducir el peso propio de la viga.

Pieza cargada con un peso en su centro.—Es el caso de un dintel o un pórtico que sostiene un pilar en el centro de su vano (fig. 2210).

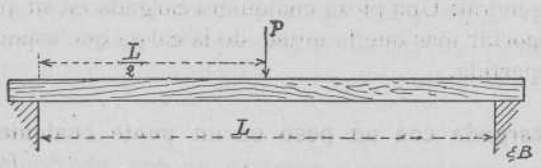


Fig. 2210.—Pieza cargada en su punto medio.

Para calcular, por ejemplo, una pieza de 4 metros de luz cargada en su centro con un peso de 1000 Kg., se tendrá:

$$\frac{PL}{4} = \frac{1000 \times 4{,}00}{4} = 1000 \text{ Kg.}$$

$$\frac{I}{n} = \frac{1000}{600000} = 0{,}00166.$$

Necesitamos encontrar, por tanto, una pieza de madera que tenga este valor de $\frac{I}{n} = 0{,}00166$.

Tomemos por ejemplo una pieza de madera que tenga una sección de 0,24 m. de altura por 0,17 m. de base y encontraremos $\frac{bh^3}{12}$ dividido por n (0,12 en el caso que nos ocupa), lo que nos dará, sustituyendo

valores: $\frac{\frac{0{,}17 \times 0{,}24^3}{12}}{0{,}12} = 0{,}001632$, valor algo pequeño. Tomaremos, por consiguiente, una pieza de madera ligeramente más gruesa, de 0,175 m. de base, por ejemplo.

Si para una pieza cargada en su punto medio se desea utilizar las cifras de la tabla, calculadas para una carga uniformemente repartida, es preciso doblar la carga. Tomando la misma luz y la misma carga doblada, o sea 2000 Kg., y buscando por tanteo en la columna de las luces de 4 metros, encontraremos 115 Kg. para 0,01 m. de grueso, y multiplicando por 17 de base, tendremos $115 \times 17 = 1955$ Kg., cifra algo inferior a 2000, pero esto es debido a que el valor $\frac{I}{n} = 0{,}001632$ es ligeramente menor que el necesario, que es 0,00166.

Si, por el contrario, queremos saber qué carga podrá sostener en su centro una pieza de madera, la fórmula es: $P = \frac{4R\frac{I}{n}}{L}$, y tomando los mismos valores que anteriormente:

$\frac{4 \times 600000 \times 0{,}001632}{4{,}00} = 979{,}2$ Kg. en lugar de 1000, porque el valor 0,001632 es inferior al 0,00166 que necesita la carga de 1000 Kg.

Reg a general: Una pieza cualquiera cargada en su punto medio, no puede soportar más que la mitad de la carga que soportaría uniformemente repartida.

Pieza cargada con un peso en un punto cualquiera. — En el caso indicado en la figura 2211 se tomará la fórmula: $\frac{P\,ll'}{L} = R\,\frac{I}{n}$.

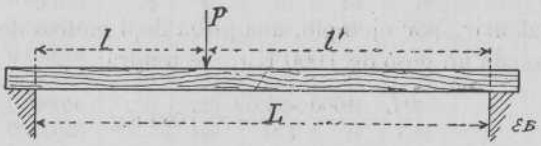


Fig. 2211. — Carga en un punto cualquiera.

Ejemplo:

$P = 1000$ Kg.; $l = 1{,}50$ m.; $l' = 2{,}50$ m.; $L = 4$ metros, tendremos:

$$\frac{1000 \times 1{,}50 \times 2{,}50}{4{,}00} = 937{,}5 \quad \text{y} \quad \frac{937{,}5}{600000} = \frac{I}{n} = 0{,}0015625.$$

Basta, pues, encontrar una sección que dé este valor, procediendo como hemos hecho en los ejemplos anteriores.

Pieza cargada con dos pesos a igual distancia de los apoyos.— En este ejemplo (fig. 2212), $P = 500$ Kg.; $P' = 500$ Kg.; $l = 1{,}25$ m.; $l' = 1{,}25$ m.; $L = 4$ m. La fórmula es: $Pl = R\frac{I}{n}$, ó $500 \times 1{,}25 =$

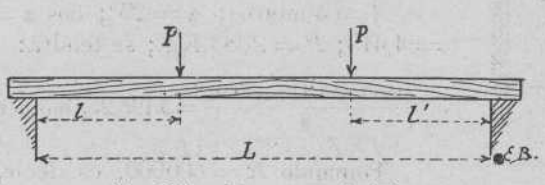


Fig. 2212. — Dos cargas simétricas.

$= 625$ Kg. y $\frac{625}{600000} = 0{,}001041$, valor de $\frac{I}{n}$. Se buscará, pues, una sección que dé este valor.

Pieza empotrada por ambos extremos y uniformemente cargada.— La fórmula es $\frac{PL}{12} = R\frac{I}{n}$. Ejemplo: $P = 16875$ Kg.; $L = 6$ metros; se tendrá: $\frac{16875 \times 6{,}00}{12} = 8437$ Kg. y $\frac{8437}{600000} = 0{,}0146$, valor de $\frac{I}{n}$ necesario.

Y buscaremos una sección que tenga este valor.

Una pieza empotrada puede soportar vez y media la carga que soportaría la misma viga libremente apoyada por sus extremos. Pero es preciso que los empotramientos sean absolutamente reales y no supuestos.

Pieza empotrada por un extremo y cargada con un peso en el otro. — Conforme con la figura 2213, la pieza está empotrada por un extremo y tiene el otro cargado con un peso P. La fórmula es: $PL = R\frac{I}{n}$.

Supongamos $L = 2$ metros, $P = 500$ Kg., y tendremos:

$2{,}00 \times 500 = 1000$ Kg. y, siempre trabajando a 60 Kg. por centímetro cuadrado, $\frac{1000}{600000} = 0{,}00166$ m., valor de $\frac{I}{n}$ necesario.

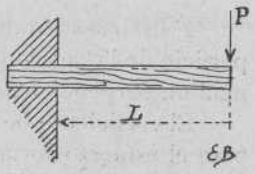


Fig. 2213.
Pieza en ménsula.

Si ahora queremos cargar uniformemente esta pieza, se tomará la fórmula $\frac{PL}{2} = R\frac{I}{n}$, y con las mismas cifras se tendrá:

$$\frac{500 \times 2{,}00}{2} = 500 \quad \text{y} \quad \frac{500}{600000} = 0{,}000833, \text{ valor de } \frac{I}{n} \text{ necesario.}$$

Flexión de una pieza colocada oblicuamente. — Una pieza inclinada (fig. 2214) libremente apoyada y cargada uniformemente se calcula por la fórmula: $\frac{PL \cos \alpha}{8} = R\frac{I}{n}$. Ejemplo:

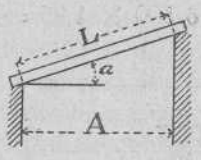


Fig. 2214.
Pieza inclinada.

$A = 4$ metros; $\alpha = 25°$; $\cos \alpha = 0{,}91$; $L = 4{,}413$; $P = 2383$ Kg.; se tendrá:

$$\frac{2383 \times 4{,}413 \times 0{,}91}{8} = 1196{,}21, \text{ momento flector.}$$

Tomando $R = 600000$, es decir, trabajando la madera a 60 Kg. por centímetro cuadrado de sección, se tendrá:

$$\frac{I}{n} = \frac{1196{,}21}{600000} = 0{,}001993.$$

Por lo tanto, será preciso encontrar una madera cuya sección se aproxime a este valor, o sea una pieza de 0,18 m. × 0,26 m., cuyo valor $\frac{I}{n} = 0{,}002034$, ligeramente superior al valor necesario.

Como el valor de $L \cos \alpha$ es igual a A, proyección de la viga sobre la horizontal, puede enunciarse el teorema siguiente: *Una viga inclinada resiste las mismas cargas que otra horizontal de luz igual a la proyección de la luz de la primera.*

Esfuerzo cortante o de cizallamiento. — Es el esfuerzo que oponen las diversas moléculas de una pieza a la acción de las fuerzas paralelas a su sección transversal (fig. 2215).

La resistencia es proporcional al área de la sección y puede expresarse:

$$SR = T; \quad R = \frac{T}{S}; \quad S = \frac{T}{R}.$$

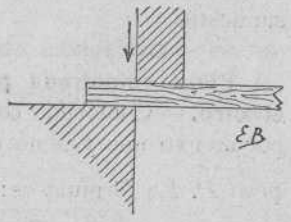


Fig. 2215. — Cizallamiento.

T esfuerzo paralelo a la sección, S superficie de la sección, R resistencia de la madera perpendicularmente a las fibras.

El coeficiente de trabajo que se admite para el esfuerzo cortante es, aproximadamente, un décimo del de tracción o compresión. En nuestros ejemplos, donde hemos tomado para R el valor de 60 Kg. × cm² en la flexión, lo reduciríamos a 6 Kg. × cm² para los cálculos de esfuerzo cortante.

CAPÍTULO XXVI

Datos diversos

Sobrecargas variables de los suelos

(según *Ph. Huguenin*)

Sobrecargas de los suelos	Kg. por m²	Sobrecargas de los suelos	Kg. por m²
Habitaciones	152	Almacenes de mercancías	760
Salas de baile	253	Almacenes de sal	600
Heniles	406	Carga procedente de una multitud	400
Graneros	457		

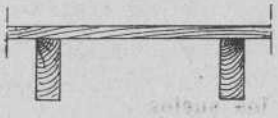
Sobrecargas que deben soportar los suelos de las casas de habitación, salones de recepción, almacenes, etc.

Designación de las piezas	Sobrecarga en Kg. por m²
Buhardillas habitables	125
Habitaciones y oficinas	200
Escaleras, aulas, salas de escuela y de conferencias	250
Salas de teatros, reuniones públicas, talleres con maquinaria ligera, garajes, escaleras de mucha circulación y almacenes para cereales	500
Almacenes generales	750
Talleres y fábricas con maquinaria pesada	800

Pesos propios de los suelos intermedios de madera

(según *T. Seyrig*)

A este peso hay que añadir, en cada caso, la sobrecarga

Construcción del suelo	Peso en kilogramos por metro cuadrado				
	Viguetas de 8 × 22 cm a 0,50 m.	Viguetas de 20 × 25 cm a 0,90 m.	Viguetas de 25 × 30 cm a 0,90 m.	Viguetas de 20 × 25 cm a 1,20 m.	Viguetas de 25 × 30 cm a 1,20 m.
Entarimado sobre viguetas. 	Pino 38 Encina 56	Pino 45 Encina 60	Pino 56 Encina 80	Pino 41 Encina 55	Pino 48 Encina 65
Entarimado sobre viguetas aparentes con enlistonado y molduras. 	Pino 47 Encina 80	Pino 92 Encina 122	Pino 115 Encina 142	Pino 85 Encina 112	Pino 105 Encina 132
Entarimado sobre viguetas aparentes con enlistonado y enlucido genera de yeso. 	—	280	330	305	375
Entablonado y capa de yesones o de arcilla batida sobre enlistonado y viguetas de madera. 	—	200	230	200	210

Nota.—El peso de los techos forjados aumenta en unos 25 Kg. por metro cuadrado por cada aumento de 0,025 m. en el espesor.

Escuadrías de las maderas que componen los suelos. — Es indispensable someter al cálculo todas las piezas empleadas en carpin-

tería, y sin embargo, esto no se hace siempre, en previsión de lo cual damos algunos números que para las cargas usuales indicarán la escuadría aproximada de las piezas, lo que al menos permitirá una rápida comprobación de los errores de bulto cometidos en el cálculo.

Escuadrías de las maderas que componen los suelos

	metros
Vigas de 3,90 m.	0,27 por 0,32
» de 4,87 »	0,30 » 0,36
» de 5,85 »	0,33 » 0,40
» de 6,82 »	0,35 » 0,44
» de 7,80 »	0,37 » 0,48
Viguetas escuadradas de 2,92 a 4,87 m.	0,14 » 0,19
» » de 2,92 a 5,85 »	0,25 » 0,25
» » de 7,80 a 8,12 »	0,24 » 0,27
» » de 7,80 a 8,77 »	0,27 » 0,30
Viguetas rollizas de 2,92 a 4,87 m.	0,14 a 0,19

Escuadrías en cm. de las maderas que componen las cubiertas

Designación de las piezas	Armadura simple		Armadura con tirante quebrado y pares enteros		Armadura con tirante quebrado y jabalcones de descarga		Armadura para cubierta a la Mansard	
	Luz		Luz		Luz		Luz	
	6,00m	12,00m	6,00m	12,00m	6,00m	12,00m	6,00m	12,00m
Tirante que no sostiene solado	27/24	40/36	—	—	—	—	—	—
Tirante que sostiene solado	32/27	47/37	43/20	63/45	42/30	63/45	42/30	63/45
Falso tirante	—	—	21/19	33/30	21/19	33/30	23/20	36/33
Jabalcones de descarga	—	—	—	—	24/19	35/30	22/20	34/33
Pares	22/19	32/30	22/19	32/30	18/15	27/22	20/18	30/28
Pendolón	19/19	30/30	19/19	30 30	15/15	22/22	18 18	28/28
Jabalcones y manguetas	16/16	21/21	15/15	22/22	14/14	18/18	14/14	18/18
Riostras inclinadas	—	—	19/15	30/22	19/15	30/22	20/13	33/22
Hilera	19/19	22/19	19/16	22/19	19/16	22/19	19/16	22/19
Tornapuntas de la hilera	15/15	17/17	15/15	17/17	15/15	17/17	15/15	17/17
Correas y ejiones	19/19	22/22	19/19	22/22	19/19	22/22	19/19	22/22
Riostras longitudinales	—	—	—	—	19/19	22/22	20/20	23/23
Correas de base	12/23	16/28	12/23	16/28	12/23	16/28	12/23	16/28
Nudillos	—	—	—	—	18/14	22/16	18/14	22/16
Cabios	9/9	11/11	9/9	11/11	9/9	11/11	9/9	11/11
Parecillos	8/7	10/9	8/7	10/9	8/7	10/9	8/7	10/9
Latas	16/3	20/5	16/3	20/5	16/3	20/5	16/3	20/5

Peso de las cubiertas

Según G. Oslet, «*Traité de charpente en bois*», los pesos medios que deben adoptarse para las distintas cubiertas más en uso y los de entarimados, enlatados y cabios para los diferentes casos son los siguientes:

Material de cubierta		Peso por metro cuadrado Kg.	Peso del techo o del enlistonado y de los cabios Kg.
Tejados	Tejas planas ordinarias.	60 a 70	18 a 25
	Tejas planas de Borgoña	85 a 95	20 a 25
	Tejas prensadas y tejas de enchufe	35 a 50	15 a 20
Cubiertas de pizarra.	Pizarras pequeñas	25 a 30	15 a 20
	Pizarras grandes inglesas.	35 a 40	
Cubiertas de zinc.	Zinc n.° 14	5,95 a 8	12 a 15
	Zinc n.° 16	7,50 a 9	
Cubiertas de palastro	Chapa ordinaria y chapa ondulada	7 a 8	12 a 15
	Chapa galvanizada de 1 milímetro.	8,50	20 a 30
Cubiertas de cobre	Cobre laminado n.° 20.	6,11	12 a 15
	Cobre laminado n.° 25.	7,64	
Cubiertas de plomo		40 a 55	15 a 20
Cubiertas asfaltadas		25 a 35	12 a 15
Cubiertas acristaladas	Vidrio semidoble	5 a 6	
	Vidrio doble 3 milímetros	7,57	
	Vidrio doble 4 »	10,09	

Pesos aproximados de las carpinterías según el material de cubierta empleado

El peso de la carpintería no se conoce *a priori*, puesto que depende evidentemente de las dimensiones que hay que determinar; pero se introduce en los primeros cálculos por una cifra aproximada deducida del examen de las construcciones existentes.

Pueden admitirse sin grandes probabilidades de error las cifras siguientes:

Pesos e inclinaciones de los diversos sistemas de tejados

Clase de cubierta	Peso de armadura admisible por metro cuadrado de tejado
Tejas planas	55 kilogramos
Tejas de enchufe	50 »
Pizarras pequeñas	50 »
Pizarras grandes	50 »
Zinc	40 »

Pesos e inclinaciones de las diversas clases de tejados

Clase de cubierta	Peso por metro cuadrado en Kg. de	Peso por metro cuadrado en Kg. a	Pendiente en grados	Pendiente en metros o tangente de	Pendiente en metros o tangente a
Entablado de encina	—	44,00	45	—	1,00
Entablado de abeto	—	21,00	45	—	1,00
Tejas planas grandes	82,00	85,00	27 a 60	0,50	1,40
» » pequeñas	82,00	85,00	45 a 60	1,60	1,40
Tejas delgadas	60,00	80,00	—	—	—
Tejas de Flandes	80,00	—	21 a 27	0,38	0,50
Tejas lomudas . A tejavana	74,00	90,00	21 a 27	0,38	0,50
Tejas lomudas . A torta y lomo.	136,00	—	27 a 31	0,50	0,60
Tejas de caballete	60,00	—	21 a 27	0,38	0,50
Tejas de gancho de 0,25-0,18	40,00	—	—	0,40	—
» de 0,35 a 0,36-0,22	44,20	—	—	0,40	—
» de 0,40-0,22	55,00	—	—	0,40	—
Pizarra	25,00	30,00	33 a 45	0,65	1,00
Cobre laminado n.° 20	6,11	—	18 a 25	0,32	0,47
» » n.° 25	7,64	—	18 a 25	0,32	0,47
Zinc n.° 14	5,95	8,00	18 a 25	0,32	0,47
» n.° 16	7,50	9,00	18 a 25	0,32	0,47
Palastro	7,00	8,00			
Palastro galvanizado de 1 mm (1)	—	8,50	18 a 12	0,32	0,38
Plomo	40,00	55,00			
Mástique bituminoso	25,00	35,00	—	—	—
Vidrio semidoble	5,00	6,00	18 a 25	0,32	0,38
Vidrio doble . 3 milímetros	—	7,57	20 a 30	0,36	0,58
Vidrio doble . 4 »	—	10,00			
Vidrio estriado de una pieza	10,00	12,00	5 a 10	0,08	0,20
Cartón embetunado	2,90	3,00	11 a 17	0,20	0,30
Holzcement	—	—	1°,10′ a 3°	0,02	0,05
Pizarra artificial	10	15	25 a 35	0,47	0,70

Según Planat, puede determinarse p (carga por metro superficial), basándose en los siguientes datos:

Clase de cubierta	Límite de la inclinación sobre el horizonte	Peso del metro superficial del tejado Kg.	Peso de la armadura por metro superficial abeto Kg.	Peso de la armadura por metro superficial encina Kg.
Tejas planas de gancho	45 a 33°	60	38	58
Tejas lomudas . a tejavana	27 a 21°	75 a 90	35	52
Tejas lomudas . a torta y lomo.	31 a 27°	136	40	60
Tejas prensadas	45 a 21°	45 a 50	35	55
Pizarra	45 a 33°	38	34	50
Chapa de cobre	21 a 18°	14	25	38
Chapa de zinc y palastro ondulado	21 a 18°	8,500	25	38
Mástique bituminoso	21 a 18°	25	34	50

(1) La chapa galvanizada y ondulada de igual espesor pesa 12 Kg.

Estos pesos están referidos al metro superficial de cubierta contado según la inclinación de ésta, es decir, según el plano más o menos oblicuo del tejado.

Conviene añadir a estas cargas 30 a 40 Kg. por metro cuadrado para las sobrecargas accidentales: nieve y presión del viento.

Estas cargas accidentales deben determinarse según la localidad en que se edifica y la forma de la cubierta; para una techumbre próxima a la horizontal y establecida en un país frío, deberá contarse con una carga de nieve considerable, mientras que la acción del viento sobre una cubierta de poca inclinación será poco sensible. Lo contrario ocurre cuando se trata de un tejado agudo, en el que la acción del viento puede ser muy importante y casi nulo el peso de la nieve, que no puede detenerse.

El viento y los contravientos

El arriostramiento de contraviento tiene una importancia muy grande en las construcciones; una obra, a menos de una completa insuficiencia de fuerza, perece rara vez por hundimiento, por aplastamiento. Por el contrario, es frecuente ver un edificio volcarse bajo la influencia de esfuerzos horizontales u oblicuos cuando no se han tomado precauciones o han sido insuficientes las adoptadas para imposibilitar todo movimiento de vuelco.

No hemos considerado en lo que antecede más que la acción de las cargas verticales, pero existen otras fuerzas y principalmente el viento, que pueden atacar a las construcciones según direcciones distintas y provocar una deformación y hasta el vuelco, lo cual importa evitar.

Estos esfuerzos, debidos a la acción del viento, dice León Griveaud en su excelente obra *Le manuel du serrurier-constructeur,* son con mucho los más importantes y los únicos que hay que considerar. Se admite también que un viento impetuoso no puede existir al mismo tiempo que una sobrecarga de nieve, pues lo uno excluye lo otro; y aun sobre la cara opuesta al viento, la nieve no se detiene bajo la acción de los torbellinos y remolinos que en ella produce un viento violento; conviene, pues, considerar separadamente la acción del viento actuando sobre un lado solo.

Para poder darse cuenta y calcular los efectos producidos por el viento, importa conocer su intensidad. Pero éste es, como se comprenderá, un factor esencialmente variable: esta intensidad máxima difiere mucho según los países, la orientación, la conformación del suelo, la altura del edificio, etc. Vamos, no obstante, a intentar dar una idea.

Se admite generalmente que la presión ejercida por el viento sobre una superficie plana, normal a su dirección, es proporcional a la extensión de esta superficie. Esto no es más que una aproximación, que puede bastar en ausencia de más precisos resultados de experiencias.

De los ensayos hechos por Borda resulta que, para una misma velocidad del viento, la intensidad de la presión por unidad de superficie aumenta con la magnitud de la superficie expuesta al viento, y esta presión parece ser, según estos ensayos, proporcional a la potencia 11/10 de la superficie, o sea a $S^{1,1}$. Otros experimentos hechos en la isla de Inchgarvie en ocasión de la construcción del puente del Forth, han dado resultados contrarios; un gran aparato de 28 metros cuadrados de superficie ha acusado una presión máxima de 132 Kg. por metro cuadrado, mientras que un pequeño aparato de 0,14 m² ha indicado 200 Kg. y otro de la misma dimensión próximamente 170 Kg., tan sólo, por metro cuadrado; durante los años 1887 y 1888, la más fuerte presión de viento registrada en este observatorio ha sido de 92 Kg. por metro cuadrado para el gran aparato, y 136 y 185 para los pequeños.

Estos resultados son bastante contradictorios y quizá haya que deducir que los diversos flúidos no poseen exactamente la misma velocidad y que una presión elevada observada sobre un anemómetro de escasa superficie no se ejerce al mismo tiempo en todos los puntos de una superficie muy extensa. Por otra parte, la experiencia ha demostrado que en los huracanes violentos, el viento no conserva una dirección fija, sino que oscila frecuentemente entre alineaciones que distan más de 50°; estas separaciones tienen evidentemente por efecto reducir la presión media normal a la superficie combatida.

En todo caso, esta cuestión no nos parece suficientemente dilucidada para establecer un principio absoluto; admitiremos, pues, con la mayor parte de los autores, que la presión del viento es proporcional a la superficie expuesta.

Por último, la presión del viento varía con la altura sobre el suelo del objeto que se expone a aquél. Stevenson ha propuesto la fórmula siguiente para representar la velocidad a una altura h cuando se conoce ya la velocidad V observada a una altura H:

$$v = V\sqrt{\frac{h+22}{H+22}}$$

Esta fórmula parece aplicarse muy bien a observaciones hechas entre 5 y 30 metros de altura; a alturas menores de 5 metros la velocidad es generalmente mucho menor de la que daría esta fórmula.

Resulta de aquí que el punto de aplicación de la resultante de la presión sobre una superficie cualquiera, no será el centro de gravedad de esta superficie, lo cual le dará con respecto a la base un momento de vuelco de un valor mayor.

Ante esta incertidumbre, para adoptar en cada caso una cifra absolutamente precisa para valor de la presión del viento, estimamos que es inútil complicar el problema y se supondrá siempre el punto de aplicación de la resultante de la presión en el centro de gravedad de la superficie.

Se admite generalmente que el viento actúa en una dirección oblicua, formando con el horizonte un ángulo de unos 10°. Así, en una vertiente de la cubierta, si llamamos a al ángulo que ésta forma con la horizontal, el que formará con la dirección del viento será $(a + 10^{\circ})$.

La presión que el viento ejerce sobre una superficie plana, normal a su dirección, es función de su velocidad y del peso del aire, es decir, de la temperatura y de la presión atmosférica. Si llamamos P la presión en kilogramos ejercida sobre una superficie de 1 metro cuadrado y v la velocidad en metros, podemos escribir la fórmula:

$$P = 0{,}115\ v^2.$$

lo que da las cifras siguientes:

Designación de los vientos	Velocidad por hora en kilómetros	Velocidad por segundo en metros	Presión por metro cuadrado en kilogramos
Viento débil	3,6	1	0,115
Brisa ligera	7,2	2	0,46
Viento fresco o brisa	14,4	4	1,84
Viento frescachón: hincha bien las velas.	21,6	6	4,14
Viento frescachón: el más conveniente para los molinos	25,2	7	5,63
Viento frescachón: brisa fuerte	28,8	8	7,37
Viento frescachón: conveniente para los veleros	32,4	9	9,31
Brisa muy fuerte	36,0	10	11,5
Viento muy fresco	43,2	12	16,6
Viento muy fuerte	54,0	15	25,9
Viento impetuoso	72,0	20	46,0
Tempestad	86,4	24	66,2
Tempestad violenta	108,0	30	103
Huracán	129,6	36	149
Viento ciclónico	162,0	45	233

Otra fórmula que damos a continuación da resultados ligeramente elevados:

Presiones ejercidas por el viento a diferentes velocidades

(Según la *Encyclopédie Firmin Didot*, por Léon Renier)

La presión ejercida por el viento según una superficie plana normal a su dirección es, para las velocidades inferiores a 10 metros por segundo:

$$P = 2dsh.$$

P presión en kilogramos; d peso de un metro cúbico de aire en movimiento = 1,231 Kg., si la temperatura es de 12° C y la presión barométrica = 0,755 de mercurio;

s superficie de la placa en metros cuadrados;
v velocidad del viento en metros por segundo;

$$h = \frac{v^2}{2g} = v^2 \times 0{,}050975.$$

Aplicando los datos de esta fórmula, se llega a los resultados siguientes:

Designación de los vientos	Velocidad por hora en kilómetros	Velocidad por segundo en metros	Presión por metro cuadrado en kilogramos
Viento débil	3,600	1,00	0,14
Brisa ligera	7,200	2,00	0,54
Viento fresco o brisa	14,400	4,00	2,17
Viento frescachón: hincha bien las velas.	21,600	6,00	4,87
Viento frescachón: el más conveniente para los molinos	25,200	7,00	6,64
Viento frescachón: brisa fuerte	28,800	8,00	8,67
Viento frescachón: conveniente para los veleros	32,400	9,00	10,97
Brisa muy fuerte	36,000	10,00	13,54
Viento muy fresco	43,200	12,00	19,50
Viento muy fuerte	54,000	15,00	30,47
Viento impetuoso	72,000	20,00	54,16
Tempestad	86,400	24,00	78,00
Tempestad violenta	108,180	30,05	122,28
Huracán	130,140	36,15	176,96
Viento ciclónico	163,080	45,30	277,87

Dimensiones de las principales piezas que entran en la composición de una cimbra (1)

Bóvedas de medio punto

	FÓRMULAS		APLICACIÓN A UN PUENTE DE 8 METROS DE LUZ	
Designación de las piezas	Longitud metros	Escuadría metros	Longitud metros	Escuadría metros
Carreras	$1{,}41 \times R$	$0{,}10 + 0{,}03\,R$	$1{,}41 \times 4{,}00 = 5{,}64$	$0\,10 + (0{,}03 \times 4{,}00) = 0{,}22$
Falso tirante	$1{,}00 \times R$	$0{,}10 + 0{,}03\,R$	$1{,}00 \times 4{,}00 = 4{,}00$	$0{,}10 + (0{,}03 \times 4{,}00) = 0{,}22$
Pendolón	$0{,}50 \times R$	$0{,}10 + 0{,}03\,R$	$0{,}50 \times 4{,}00 = 2{,}00$	$0{,}10 + (0{,}03 \times 4{,}00) = 0{,}22$
Jabalcones	$0{,}30 \times R$	$\frac{0{,}10 + 0{,}03\,R}{2}$	$0{,}30 \times 4{,}00 = 1{,}20$	$\frac{0{,}10 + (0{,}03 \times 4{,}00)}{2} = 0{,}11$
Cerchones	$0{,}76 \times R$	$\frac{0{,}10 + 0{,}03\,R}{2}$	$0{,}76 \times 4{,}00 = 3{,}04$	$\frac{0{,}10 + (0{,}03 \times 4{,}00)}{2} = 0{,}11$
Entablado	—	$0{,}05 + 0{,}01\,R$	—	$0{,}05 + (0{,}01 \times 4{,}00) = 0{,}09$
Riostras	—	$0{,}10 + 0{,}03\,R$	—	$0{,}10 + (0{,}03 \times 4{,}00) = 0{,}22$

Las carreras descansan sobre soleras de anchura $l = 0{,}10 + (1{,}41 \times E)$. siendo E el espesor de una riostra.

(1) Los números que figuran en las escuadrías representan el lado de la pieza cuadrada. Esta sección puede sustituirse por otra rectangular de módulo resistente equivalente. R representa el radio del arco.

Bóvedas rebajadas, ángulo en el centro 60°

FÓRMULAS		APLICACIÓN A UNA BÓVEDA DE 8 METROS DE LUZ REBAJADA AL $^1/_5$
Designación de las piezas	Escuadría metros	Escuadría metros
Tirante Postecillo Pares Riostras inclinadas Falso tirante Pendolón	$0{,}10 + (0{,}02\ R)$	$0{,}10 + (0{,}02 \times 5{,}80) = 0{,}22$
Riostras longitudinales Jabalcones Cerchones	$\frac{0{,}10 + (0{,}02\ R)}{2}$	$\frac{0{,}10 + (0{,}02 \times 5{,}80)}{2} = 0{,}11$
Entablado	$0{,}05 + (0{,}01\ R)$	$0{,}05 + (0{,}01 \times 5{,}80) = 0{,}11$

Madera que entra por metro lineal de cimbra o puente de servicio provisional (1)

Luz	Volumen por metro lineal de cimbra	Luz	Volumen por metro lineal de cimbra	Luz	Volumen por metro lineal de cimbra
metros	metros	metros	metros	metros	metros
0,60	0,088	7,00	1,030 a 1,600	16,00	4,800 a 6,500
0,80	0,116	8,00	1,132 a 1,800	17,00	5,500 a 7,000
1,00	0,150 a 0,156	9,00	1,650 a 3,000	18,00	6,500 a 8,000
1,50	0,216	10,00	2,120 a 4,000	19,00	7,750 a 10,500
2,00	0,316	11,00	2,600 a 4,500	20,00	9,000 a 13,500
3,00	0,490 a 0,710	12,00	3,200 a 5,000	22,00	10,500 a 14,500
4,00	0,660 a 0,932	13 00	3,550 a 5,300	24,00	12,000 a 14,500
5,00	0,800 a 1,176	14,00	3,900 a 5,500	26,00	14,000 a 16,000
6,00	0,866 a 1,350	15,00	4,200 a 6,000	30,00	20,000 a 25,000

(1) VASSELIN, *Carnet du conducteur de travaux.*

ÍNDICE ALFABÉTICO

A

Abedul, 766, 769.
— de América, 789.
— de Inglaterra, 789.
Abeto, 767, 769, 796.
— amarillo, 769, 795.
— blanco, 767, 789.
— común, 767, 789.
— de Noruega, 769.
— de Prusia, 789.
— hembra, 769.
— macho, 769.
— rojo, 767, 769, 789.
Abscesos, 782.
Acacia, 765, 769.
— falsa, 769.
Acepillado de los entarimados, 164.
Acodalado de vanos, 644.
— de zanjas, 634.
Acoplamientos, 39.
— con piezas intermedias, 41.
Acoplamientos de cremallera, 40.
Acoplamientos de llaves, 40.
Acoplamientos de madera y hierro, 42.
Acoplamientos de nuez, 39.
— de plano, 39.
— de redientes, 40.
— de tres piezas, 41.
— diversos, 41.
Adornos, 590.
Agujas, 245.
Ailanto del Japón, 769.
Aireación de la madera, 785.
Alacenas, 346 380, 382.
Alamo, 766, 769, 789, 795.
— blanco, 766.
— — de España, 769.
— de Holanda, 769.
— de Italia, 769.
Alamo de La Carolina, 769.
Alamo del Canadá, 769.
— negro, 765, 766.
— — de España, 769.
— temblón, 766, 796.
Albaricoquero, 769.
Albura, 764.
Alcornoque (Corcho), 769.
Alerce, 767, 769, 789, 795.
— rojo, 767.
Alféizar, 355.
Aliso, 766, 789.
— común, 769.
— terminal, 769.
Alivio de vigas, 112.
Almas, 647.
Almendro, 769.
Almojayas, 647.
Alquitranado de la madera, 787.
Altura de paso, 441.
Amaranto de Cayena, 769.
Amarra, 71.
Ancla, 71.
Anclajes de hierro, 121.
— de madera, 120.
— de suelos, 120.
Andamios, 647.
— de báscula, 655.
— de ensamblajes, 648.
— en castillete, 660.
— fijos, 649.
— — volados, 652.
— interiores, 659.
— ordinarios, 647.
— para monumentos, 658.
— rodantes, 662.
— simples, 647.
— sobre tornapuntas, 653.
— suspendidos, 656.
— volantes, 661.
Anillo lunar, 781.
Anima, 591.
Antepecho (Barras de), 607.
— (Desagüe), 592.
Aparejo rodante para el montaje de cerchas, 668.
Apeos, 639.
— de bóvedas 645.
— de suelos, 642.
Apoyos de cerchas (véase Pies de cerchas).
Apoyos de vigas, 111.
— de viguetas, 100, 110.
— intermedios, 200.
Apuntalamiento de muros, 636.
Arbol de Judea, 769.
Arce, 766, 769.
— atruchado de América, 769.
Arce duro del Canadá, 770.
Arcos de descarga, 208.
Aristeros 240.
Armaduras (v. Cubiertas).
Armario fijo (v. Alacenas).
— ropero, 577.
Arranques de escaleras, 485.
Arrimadillos, 333.
— de escalera, 607.
Arriostramiento bajo la cumbrera, 288.
Arriostramiento de celosía, 288.
Arriostramiento de cubiertas, 287.
Arriostramiento de los pilotes, 709.
Arriostramiento horizontal, 289.
Arriostramiento longitudinal de los pies, 289.
Arriostramiento por cruces de San Andrés, 288.
Arriostramiento por diagonales, 289.
Arriostramiento por jabalcones, 288.
Arriostramiento transversal, 289.

Artesón (v. Panel).
Artesonados, 124, 143.
— decorativos, 136.
— de imitación, 137.
— sobre canecillos de piedra, 137.
Astrágalo, 590.
Ataguías, 711.
Azuche, 701.

B

Balata roja, 770.
Balaustradas, 526.
— de balcones, 536.
— de escaleras, 540.
— — (Pilastras de arranque), 540.
Balaustradas de escaleras (Pilastras intermedias), 542.
Balaustradas de iglesias, 531.
Balaustradas de madera curvada, 529.
Balaustradas de madera ensambladas, 528.
Balaustradas torneadas, 533.
Balaustres de balcones, 630.
Balaustres de escalera, 631.
Balaustres de sección cuadrada, 542.
Balaustres redondos, 546.
Balcones, 413.
— (Balaustres), 630.
— (Barandillas), 536.
Bancos de madera, 570.
Baquetilla, 590.
Baquetones, 407.
— moldurados, 594.
Barandas, 429.
Barandillas (v. Balaustradas).
Barandillas de hierro, 553.
— de madera, 549.
Barbilla, 13.
— oculta, 27.
Barras de antepecho, 607.
Barreras, 348.
Barretas, 357.
Barrotes, 339.
— de escaleras, 553.
Basas de fundición, 49.
— de hierro, 49.
— de pies derechos, 48.
Báscula, 480.
Bases de cerchas (v. Pies de cerchas).
Bastidores, 386.
— de tabique, 341.
Bateaguas, 368, 405.
Batientes de ventana, 409.
Bethell, 785.
Biela 93, 94, 223, 320.
Boj, 768, 796.
— de Francia, 770.
— de Holanda, 770.
Borja, 375.
Boucherie, 785.
Bóvedas (Apeo de), 645.
Brida, 70, 108.
— acodillada, 72.
— de empalmar, 31.
Brochal, 103, 752.
— (Ensambladuras del), 103.
Brochal (Herrajes del), 103.
— de hierro, 105.
— oblicuo, 756.
Brosium de Guayana, 770.
Buhardas, 188, 298.
— a la capuchina, 301, 302.
— arremangadas, 300.
— combadas, 301.
— de caballete, 299.
— de frontón, 301.
— de perro sentado, 302.
— de piñón, 303.
— rampantes, 300.

C

Caballetes, 321.
— de cubiertas shed, 329.
— de madera, 573.
Cabecero, 61, 608.
Cabestrillo, 104.
Cabezas de postes, 610.
Cabios, 178, 762.
— (Unión de los), 181.
Cabrias, 663.
— de tres pies, 665.
Cadenas de arriostramiento, 267.
Caja, 10.
— de escalera, 444.
Cajas de arena (Descimbrado con), 698.
Cajas de arena y tornillos (Descimbrado con), 699.
Cajetines para instalaciones eléctricas, 596.
Cala, 14.
Calafateados, 593.
Calafateo de entarimados, 164.
Caldeamiento, 780.
Campeche, 770.
Canecillos, 100.
— de piedra, 137.
Canelo, 770.
Cantilever, 287.
Caoba, 765, 770, 789, 796.
— hembra, 770.
— lisa 768.
— moaré, 768.
— moteada, 768.
— zarza, 768.
Carbolineum, 787.
Carbonización de la madera, 787.
Carga en el centro, 801.
— en un extremo (Viga volada), 803.
Carga en un punto cualquiera, 802.
Carga uniformemente repartida, 797.
Carga uniformemente repartida (Empotramiento de los apoyos), 803.
Cargas de aplastamiento, 789.
Cargas equidistantes de los apoyos, 803.
Carpe, 766.
Carrasca, 764, 770.
Carreras, 59, 178, 754, 756, 763.
Cartabones, 755.
Cartelas, 614.
— ensambladas, 618.
— — y caladas, 620.
Cartón embetunado, 238.
Castaño, 765, 770.
— de la India, 770.
Castilletes, 665.
Catalpa, 770.
Caveto, 590.
Cedro, 767, 770, 789.
— blanco del Canadá, 770.
— de España, 767.
— de las Indias, 770.
— del Líbano, 767, 770.
— negro, 770.
Cepa, 770.
Cepos, 23, 39.
Cercados, 427.
— de varetas, 428.
Cercos de puerta, 385, 608.
Cerchas (v. Cubiertas).
— (Montaje de), 668.
Cerezo, 768, 770, 789.
— silvestre, 770.
Cidonia común, 770.
Cielorraso de escaleras, 466.

Cimacio, 333, 598.
Cimbras, 669.
— (Escuadría de las piezas), 813.
Cimbras (Madera que entra por m. l.), 814.
Cimbras carpanéles, 687.
— de cúpulas, 693.
— de medio punto, 680.
— de puentes, 676.
— elípticas, 687.
— — peraltadas, 692.
— ojivales, 692.
— para arcos rebajados, 672.
Cimbras para huecos en arco, 670.
Cimbras rodantes, 685.
— suspendidas, 687.
Cimentaciones, 700.
Ciprés, 767, 768 770.
— de América, 770.
Ciruelo, 770.
Cizallamiento, 804.
Cobertizos, 171.
— con granero, 177.
— con marquesina, 175.
— sobre muros, 171.
— sobre pies derechos, 172.
Cobertizos sobre viga armada, 175.
Codales, 634.
Cola de carpa, 102.
— de milano, 13, 35, 36.
Colaínas, 781.
Compensación de escaleras, 443.
Compresión longitudinal, 788.
Compresión transversal, 795.
Coniophora, 782.
Conservación de la madera, 783.
Consolidación de viguetas, 102.
Contrachapados, 339.
Contrahuella, 438.
Contramarcos, 385, 609.
Contratirantes, 759.
Contraventanas de librillo, 422.
Contraventanas de tablas, 421.
Contraventanas exteriores, 419.
Contraventanas interiores, 419.
Contraventanas-persianas, 424.
Contravientos, 810.
Corcho (Alcornoque), 769.
Cornijales, 59, 756.
Cornisas, 139, 603.
Correas, 178, 314, 316 a 318, 762.
Correas de arista, 186, 324.
— de quiebra, 324.
Corta de la madera, 771.
Corte quebrado, 34.
Corteza, 764.
Costeros, 772.
Costillas, 253.
Courbaril brasiliano, 770.
Cremallera, 40.
Cremalleras (Descimbrado con), 695.
Cresterías, 624.
Crucero, 297.
Cruz de San Andrés, 21, 59, 288, 756.
Cuadrales, 760.
Cuarto bocel, 590.
Cuartones, 756, 759, 763.
Cubicación de la madera, 774.
Cubicación por el bramante, 777.
Cubicación por el grafómetro, 778.
Cubicación por medio de dos pértigas, 778.
Cubicación por medio de un espejo, 777.
Cubicación por redondeo, 777.
Cubiertas, 166.
— (Arriostramiento de), 287.
Cubiertas (Arriostramiento de los pies), 289.
Cubiertas (Detalles de construcción), 305.
Cubiertas (Encuentros de), 295.
Cubiertas (Escuadría de las maderas), 807.
Cubiertas (Pendientes), 331, 809.
Cubiertas (Peso), 808.
— (Pies), 3 5.
— (Piezas que las componen), 758.
Cubiertas (Vértice), 321.
— a dos aguas, 178.
— a la *Mansard*, 186.
— — (Faldones), 293.
— a una sola agua (véase Marquesina y Cobertizos).
Cubiertas americanas, 209.
Cubiertas aparentes, 271.
— con arcos de descarga, 208.
Cubiertas con buharda, 188.
— con dos correas, 181.
— con dos tirantes, 182, 184.
Cubiertas con linternas, 235.
Cubiertas con marquesinas, 225.
Cubiertas con pies derechos intermedios, 200.
Cubiertas con suelo colgado, 190.
Cubiertas con tirante quebrado (v. Cubiertas sin tirante).
Cubiertas con tres tirantes, 184.
Cubiertas con una correa, 181.
Cubiertas cónicas, 265.
— curvas, 251.
— — a la *Mansard*, 260.
— — de tablas sin techos, 262.
Cubiertas de aguja, 245.
— de crucero, 297.
— de cúpula, 267.
— de doble cúpula, 270.
— de dos vertientes, 178.
— de diente de sierra, 193.
— de gran luz, 205.
— de madera, fundición y hierro, 225.
Cubiertas de madera y fundición (Pies), 311.
Cubiertas de madera y hierro, 215.
Cubiertas de madera y hierro (Pies), 309.
Cubiertas de pabellón, 240.
— de rotondas, 265.
— de tablas, 252.
— de trapecio, 233.
— de una vertiente (v. Marquesinas y Cobertizos).
Cubiertas de varias pendientes, 178.
Cubiertas de viga armada, 185.
Cubiertas decorativas, 271.
— *Delorme*, 251.
— diversas, 206.
— económicas, 238.
— *Emy*, 257.
— en voladizo (v. Marquesinas).
Cubiertas esféricas, 267

Cubiertas ligeras, 238.
— mansardas, 186.
— mixtas, 215, 225.
— — (Pies), 309, 311.
— ojivales, 269.
— piramidales, 265.
— poligonales, 186.
— *Polonceau*, 223.
— *Pombla*, 238.
— shed, 193.
— — (Caballetes), 329.
— — (Pies), 327.
— sin tirante, 209.
— sobre cuchillos, 179.
— sobre pilarejos, 179.
— sobre piñones, 178.
Cubrejuntas, 334, 593.
Cuchillos, 179.
— (v. Cubiertas).
Cuñas (v. Cala).
— (Descimbrado con), 696.
— y gatos (Descimbrado con), 697.
Cumbrera, 178, 318, 762.
— (Arriostramiento), 288.
— (Tornapuntas de), 289.
Cúpula, 265, 267.

CH

Chaflán de garganta, 590.
— moldurado, 590.
— sencillo, 590.
Chancro, 780.
Chapas de zinc, 238.
Chimeneas de madera, 582.

D

Daedales, 782.
Datos diversos, 805.
Defectos de la madera, 780.
Delorme, 251.
Densidades de las maderas, 769.
Desagüe (Garganta de), 592.
Descansillos, 478, 499.
— de ángulo, 481.
— de escalera, 444.
Descargas, 208.
Descimbrado, 694.
— con cajas de arena, 698.
— — y tornillos, 699.
— con cremalleras de madera, 695.
Descimbrado con cuñas, 696.
Descimbrado con gatos y cuñas, 697.
Descimbrado con levas, 698.
Descimbrado con pilarejos, 695.
Descimbrado con sacos de arena, 697.
Descomposición del tejido fibroso, 780.
Desecación artificial de la madera, 785.
Desecación natural de la madera, 783.
Deslizamiento longitudinal de las fibras, 796.
Desmoche de los pilotes, 709.
Detalles, 590.
Diente de sierra, 193.
Dimensiones de las maderas comerciales, 779.
Dinteles, 59, 82.
— aparentes sobre hueco libre, 84.
Dinteles de madera aparente, 83.
Dinteles mixtos de madera y hierro, 84.
Dinteles ocultos, 82.
Disparadores (Martinetes), 703.
Doble albura, 781.
— horquilla cuadrada, 38.
Docena regular, 779.
Domo, 265.
Duramen, 764.
Durmientes, 74, 100, 108, 754.

E

Ebano, 768, 770.
— de Africa, 770.
— de América, 770.
— de Ceilán, 770.
— verde, 770.
Ejión, 265, 314.
Embrochalado, 752.
Empalizadas, 427.
Empalmes, 30.
— a tope con grapas, 31.
— con bridas, 31.
— de cepos, 39.
— de cola de milano, 35.
— de correas, 318.
— de cuatro espigas, 38.
— de cumbreras, 318.
— de doble horquilla cuadrada, 38.
Empalmes de espiga en escuadra, 38.
Empalmes de espiga sencilla, 30.
Empalmes de falso corte, cajas y espigas, 37.
Empalmes de hileras, 318.
— de horquilla, 32.
— — con falso corte, 35.
— de llaves, 33.
— de media madera, 32.
— — con corte quebrado, 34.
Empalmes de media madera con falso corte invertido, 36.
Empalmes de media madera en cuarteles, 38.
Empalmes de media madera en pico de flauta, 34.
Empalmes de media madera y cola de milano, 36.
Empalmes de media madera y llaves, 37.
Empalmes de pico de flauta, 32.
Empalmes de pilotes, 708.
— de rayo de Júpiter, 33.
— — con redientes, 37.
— de rediente y llave, 36
— de zancas, 472.
— zunchados, 31.
Emparrillados, 709.
Emy, 257.
Encina, 764.
— de Borgoña, 764.
— de trepa, 764.
— del Canadá, 770.
— pedunculada, 764.
— seca, 770.
— verde, 764.
Encuadramientos en entarimados, 162.
Encuentros de cubiertas, 295.
Enebro, 767, 770.
Enfermedades de la madera, 780.
Enlatado, 78.
— en diagonal, 79.
— horizontal, 80.
Enmohecimiento, 782.
Enrayado, 245, 291, 755.
Ensambladuras, 7.
— a caja y espiga, 10.
— a media madera, 8.
— con bridas, 108.
— de ángulo a media madera, 20.

Ensambladuras de ángulo de espiga aparente, 20.
Ensambladuras de ángulo con espiga independiente, 18.
Ensambladuras de ángulo con espiga invisible, 19.
Ensambladuras de ángulo con horquilla y espiga, 20.
Ensambladuras de biela y tirante, 320.
Ensambladuras de cepos, 23.
Ensambladuras de cola de milano, 13.
Ensambladuras de cola de milano, caja, espiga y cala, 14.
Ensambladuras de colas de milano múltiples, 21.
Ensambladuras de correa y par, 174, 314.
Ensambladuras de correas de madera y pares de hierro, 317.
Ensambladuras de doble espiga, 12.
Ensambladuras de escuadras y grapa, 123.
Ensambladuras de espiga pasante con llave, 28.
Ensambladuras de espiga y barbilla, 13.
Ensambladuras de estribo, 122.
Ensambladuras de grapas, 124.
Ensambladuras de horquilla, 20.
Ensambladuras de inglete, 17.
Ensambladuras de inglete con doble espiga invisible, 19.
Ensambladuras de inglete con llave, 20.
Ensambladuras de las viguetas a la viga maestra, 107, 108.
Ensambladuras de palma, 9, 111.
Ensambladuras de pendolón y falso tirante, 326.
Ensambladuras de pendolón y tirante, 325.
Ensambladuras de pies derechos por la cabeza, 50.
Ensambladuras de piezas oblicuas, 24.
Ensambladuras de ranura y lengüeta, 21.
Ensambladuras de rollizos para entramados, 68.
Ensambladuras de suelos de madera y hierro, 122.
Ensambladuras de tirantes, 319.
Ensambladuras de viguetas y durmientes, 101.
Ensambladuras de zancas, 512.
Ensambladuras de zancas y contrahuellas, 470.
Ensambladuras del brochal, 103.
Ensambladuras dobles de chapa, 51.
Ensambladuras dobles de fundición, 51.
Ensambladuras en cruz a media madera, 21.
Ensambladuras metálicas de las correas, 316.
Ensambladuras oblicuas con caja y espiga, 26.
Ensambladuras oblicuas de barbilla oculta, 27.
Ensambladuras oblicuas de barbilla y doble espiga, 27.
Ensambladuras oblicuas de embarbillado, caja y espiga, 26.
Fnsambladuras oblicuas verticales de embarbillado y espiga, 28.
Ensambladuras por estribo de madera, 30.
Ensambladuras por estribo metálico, 29.
Ensambladuras por horquilla, 29.
Ensambladuras por superposición, 8.
Ensambladuras simples de chapa, 50.
Ensambladuras simples de fundición, 50.
Ensambladuras sobre hierro doble T, 122.
Entablados, 147.
Entalladuras, 9, 24, 593.
Entarimados, 99, 147.
— (Aislamiento con asfalto), 160.
Entarimados (Aislamiento con cartón embetunado), 161.
Entarimados (Calafateo de los) 164.
Entarimados (Colocación de los), 159.
Entarimados (Encuadramientos), 162.
Entarimados (Recorrido de los), 164.
Entarimados (Umbrales), 162.
Entarimados a juntas alternadas, 150.
Entarimados a la francesa, 154.
Entarimados a la inglesa, 148.
Entarimados de espina de pescado (v. Entarimados a la francesa).
Entarimados de juntas al sesgo alternadas, 151.
Entarimados de mosaico, 157.
Entarimados de punto de Hungría, 152.
Entarimados de punto de Hungría en dos sentidos, 153.
Entarimados de taracea, 155.
Entarimados dobles a la francesa, 154.
Entarimados sobre asfalto, 160.
Entibación de muros con puntales, 636.
Entibación de los escarpes de una excavación, 632.
Entramados (Dimensiones de las piezas), 81.
Entramados (Guarnecido), 78.
Entramados (Herrajes), 70.
— (Piezas que los componen), 756.
Entramados aparentes con relleno de ladrillo, 64.
Entramados cerrados con tablas, 56.
Entramados con clavos, 64.
Entramados con viga maestra, 74.
Entramados con virotillos clavados, 63.
Entramados de madera, 56.
Entramados de viguetas paralelas, 73.
Entramados de viguetas perpendiculares, 73.
Entramados de los suelos, 98.

Entramados en voladizo, 65.
Entramados exteriores, 56.
— forjados, 59.
— interiores, 73.
— llenos de madera escuadrada, 68.
Entramados llenos de madera rolliza, 67.
Entramados rústicos, 70.
— sobre suelo existente, 77.
Entramados suspendidos, 75.
Entrega de cerchas (v. Pies de cerchas).
Entrega de vigas, 113.
Entretejido de las viguetas de suelo, 119.
Equino, 590.
Escalas, 490.
— rodantes, 491.
Escaleras, 437.
— (Arranques), 485.
— (Balaustres), 631.
— (Barandillas), 540.
— (— de hierro), 553.
— (— de madera), 549.
— (Caja), 444.
— (Compensación), 443.
— (Descansillos), 444.
— (Detalles), 456.
— (Formas diversas), 445.
— (Mesetas), 444.
— (Ojo), 444.
— (Pilastras de arranque), 540.
Escaleras (Pilastras de barandillas, 542.
Escaleras (Rellanos), 444.
— (Tipos), 489.
— (Tramos), 444.
— (Zócalos o arrimadillos), 607.
Escaleras compensadas, 451, 508.
Escaleras compuestas, 448.
— con cielorraso, 466.
— con descansillos, 499.
— cubiertas, 494.
— curvas, 455.
— de caracol (v. Escaleras en hélice).
Escaleras de casas de alquiler, 497.
Escaleras doble hélice, 455
— de mano, 490.
— de molinero, 491.
— de servicio, 450.
— de zancas superpuestas, 499.
Escaleras dobles, 448.
— en forma de ocho (v. Escaleras de doble hélice).
Escaleras en forma de ocho (v. Escaleras en hélice de dos núcleos).
Escaleras en hélice, 453.
— — con aparejo de piedra, 523.
Escaleras en hélice con ojo, 522.
Escaleras en hélice de dos núcleos, 519.
Escaleras en hélice de hierro y madera, 516.
Escaleras exteriores, 493.
— múltiples, 456.
— sobre pies derechos, 502, 505.
Escalones (v. Peldaños).
— (Dimensiones), 438.
Escaparates (v. Portadas de tiendas).
Escocia compuesta, 590.
— simple, 590.
Escuadras, 73.
Escuadrías de las maderas que componen las cimbras, 813.
Escuadrías de las maderas que componen las cubiertas, 807.
Escuadrías de las maderas que componen los suelos, 807.
Esfuerzo cortante (v. Cizallamiento).
Espaldonado, 10.
— de muros, 636.
Espiga, 10.
— aparente, 20.
— doble, 12.
— en escuadra, 38.
— independiente, 18.
— invisible, 19.
— pasante, 28.
— reforzada, 11.
Espigón (v. Núcleo de escalera de caracol).
Espina de pescado (v. Entarimados a la francesa).
Espinape (v. Entarimados a la francesa).
Espolines, 783.
Estacadas, 715.
Estilobato, 334, 596.
Estribos, 122.
— de amarre, 72.
— de brochal, 103.
Estribos de madera de ensamblar, 30.
Estribos metálicos de ensamblar, 29.
Estuche medular, 764.
Excavaciones (Entibación de los escarpes), 632.
Exfoliación, 781.
Exóstosis, 782.
Extensión, 796.
— transversal, 796.

F

Faja, 590.
Faldón, 291.
— de mansarda, 293.
— oblicuo, 295.
— recto, 291.
Falsa acacia, 766, 769.
— cubierta, 186.
— zanca, 470.
Falso brochal, 752.
— corte con cajas y espigas, 37.
Falso corte invertido, 36.
— par, 761.
— pilote, 708.
— plátano, 767.
— tirante, 206, 213, 326, 759.
Filete, 590.
Flexión, 797.
Forjado (Pies derechos de), 608.
Frèret, 786.
Fresno, 765, 770, 789, 796.
— de América, 770.
Frisos, 624.
Frontones, 627.

G

Garganta de desagüe, 592.
Garitas para perros, 569.
Gatos y cuñas (Descimbrado con), 697.
Gola, 590.
— invertida, 590.
Gotera, 781.
Granado, 770.
Graneros, 177.
Grapas, 124.
— de empalmar, 31.
Grietas, 781.
Guadarnés, 577.
Guardamalletas, 623.
Guarnecido de los entramados de madera, 78.

Guayaco, 770.
— de Santo Domingo, 770.

H

Hastiales (v. Piñones).
Haya, 765, 789, 796.
Haya blanca, 770.
Herrajes de las viguetas, 102.
Herrajes de los entramados, 70.
Herrajes del brochal, 103.
Herrumbre, 782.
Hilera, 178, 181, 318, 762.
— (Arriostramiento), 288.
Hilera (Tornapuntas de), 289.
Hinca de pilotes, 702.
Hongos de la madera, 782.
Hornbeam, 789.
Horquilla en falso corte, 35.
Horquilla metálica, 319.
— o doble espiga, 29.
Huella, 438.
Hymenaea courbaril, 770.

I

Inclinación de las cubiertas, 331, 809.
Inglete, 18.
Inmersión en agua de la madera, 784.
Insectos de la madera, 782.

J

Jabalcones, 61, 180, 206, 288, 756, 762.
Jacaranda, 770.
Jácenas, 87.
Jambajes, 385, 599.
— (Zócalos), 600.
Jimelgas, 702.
Junquillos, 334.
— cubrejunta, 593.
— moldurados, 594.
— para esquinas, 595.
— para rincones, 595.
— redondos, 595.
Juntas al sesgo alternadas, 151.
Juntas alternadas, 150.
— de tablas, 58.

K

Kyan, 786.
Kyanización (v. *Kyan*).

L

Lambrequines, 623.
Latas, 78.
Laurel, 770, 789.
— de España, 770.
Lengüeta, 21, 591.
— metálica, 591.
Leuzites, 782.
Levas (Descimbrado con), 698.
Líber, 764.
Limahoya, 295, 298, 759.
Limatesa, 240, 291, 759.
Limonero, 768, 770.
Línea de huella, 439.
Linterna, 235, 266.
Líquenes, 782.
Listel, 590.
Lixiviación de la madera, 785.
Lumbrera, 298.
— (v. Linterna).
Lupias, 781.

LL

Llaves, 20, 33, 36, 40, 89.

M

Machihembrados, 21, 148, 151, 591.
Machinas (v. Martinetes).
Madera, 764.
— (Acción de las plantas parásitas, insectos, etc.), 781.
Madera (Acción de los agentes atmosféricos), 781.
Madera (Alquitranado), 787.
Madera (Carbonización), 787.
Madera (Conservación), 783.
Madera (Corta y troceado), 771.
Madera (Cubicación), 774.
— (Defectos y enfermedades), 780.
Madera (Densidades), 769.
Madera (Descomposición del tejido fibroso), 780.
Madera (Desecación artificial), 785.
Madera (Desecación natural), 783.
Madera (Dimensiones comerciales), 779.
Madera (Hongos), 782.
— (Inmersión en agua), 784.
Madera (Insectos), 782.
— (Lixiviación), 785.
— (Oreo o aireación), 785.
— (Preservación), 785.
— (Putrefacción), 780.
— (Resistencia), 788.
— blanca, 764.
— calada, 622.
— de hierro, 770.
— de trepa, 781.
— dura, 764.
— en bruto, 771.
— en rollo, 771.
— escuadrada, 771.
— fina, 764.
— groseramente escuadrada, 771.
Madera recortada (Ménsulas), 614.
Madera repelosa, 781.
— resinosa, 764.
Mamparas, 343.
— de verja, 344.
Mampirlanes, 459.
Manguetas, 761.
Mansarda, 186.
— (Faldones), 293.
— (Quiebra), 324.
— curva, 260.
Manzano, 770.
— silvestre, 789.
Marcos, 601, 608, 609.
— (v. Cercos).
Marquesinas, 166, 225.
— de madera y hierro, 171.
— de ménsula curva, 170.
— — horizontal, 166.
— — inclinada, 167.
— — quebrada, 170.
— levantadas, 231.
Martinetes de cuerdas, 702.
— de disparador, 703.
— de trinquete, 703.
— de vapor, 706.
Mecanismos elevadores, 663.
Mechinales, 647.
Media madera, 8.
— — con llaves, 37.
— — en cuarteles, 38.

Médula, 761.
Melis, 767.
Ménsulas, 43, 614.
— ensambladas, 618.
— — y caladas, 620.
Merulius lacrimans, 782.
Meseta de escalera, 444.
Microsol, 787.
Mobila, 767.
Mobiliario escolar, 573.
Modillones, 101.
Moho, 782.
Molduras, 339, 590, 601.
— remetidas, 384, 386.
— sobrepuestas, 389.
Montacargas, 665.
Montureros (v. Guadarnés).
Moral, 770.
Mortaja, 10.
Mosaicos de madera, 157.
Muelles provisionales, 715.
Muros (Entibación con puntales), 636.
Musgos, 782.

N

Naranjo, 770.
Nervios, 753.
Nogal, 768, 789.
— común, 770.
— de Africa, 770.
— negro de América, 770.
Núcleo de escalera, 513.
Nudillo, 308, 761.
Nuez, 39.

O

Ojaranzo, 770.
Ojo de escalera, 444.
Olivo, 770.
Olmo, 765, 770, 789, 796.
— de América, 771.
— de España, 771.
Oppermann, 784.
Oreo de la madera, 785.
Ovalo, 590.

P

Pabellón, 240, 628.
Palanca, 481.
Palma en bisel, 10.
— recrecida, 10.
— recta, 10.
Palomillas, 618.
Paneles, 21, 146.
— calados, 629.
Parecillos, 178, 306, 763.
Pared de tablas verticales, 57.
Pares, 91, 95, 180, 758.
— de buharda, 761.
— de limahoya, 295, 298.
— de limatesa, 240, 291.
Parquets, 148.
Pasamanos de madera, 555.
Pasarelas, 718.
— colgantes, 731.
— de viga armada, 718.
— — con armadura inferior, 722.
Pasarelas decorativas, 725.
— provisionales, 734.
Pavimentos (v. Entarimados).
Payn, 786.
Peanas, 59, 405.
— (Desagüe), 592.
Peldaños (Dimensiones), 438.
Peldaños aparentes por debajo, 463.
Peldaños compuestos, 460.
— con cielorraso, 466.
— contramoldurados, 461.
— curvos, 461.
— de arranque, 461.
— de invitación, 461.
— de madera y hierro, 464.
— — y mampostería, 458.
— de medio rincón, 461.
— de rincón, 461.
— en rampa, 461.
— macizos, 456.
— — de escaleras de caracol, 524.
Peldaños mixtos, 458, 464.
— moldurados, 461.
— radiales, 461.
— rectos, 461.
— sesgados, 461.
— trapeciales, 461.
Pendiente de las cubiertas, 331, 809.
Péndolas (Remates de), 614.
Pendolón, 180, 325, 759.
Peral, 768, 771, 796.
Perreras, 569.
Persianas, 423.
— de librillo, 425.
— de tablillas móviles, 426.
Peso de las cubiertas, 808, 809.
Peso propio de los suelos, 806.
Peto, 291.
Physisporus, 782.
Pico de flauta, 32.
— — a media madera, 34.
Pies de cerchas, 305.
— — de madera y fundición, 311.
Pies de cerchas mixtas, 309, 311.
Pies de cubiertas shed, 327.
Pies derechos, 43, 59.
— — (Ensambladuras), 50.
— — armados, 52.
— — compuestos, 43.
— — de forjado, 608.
— — de jambas, 756.
— — de lección, 756.
— — de madera con cuatro hierros **U**, 54.
Pies derechos de madera con hierro en cruz y pletinas, 54.
Pies derechos de madera con hierros **L**, 54.
Pies derechos de madera con hierros **U**, 52.
Pies derechos de madera con hierros **U** embutidos, 53.
Pies derechos de madera con hierros doble **T**, 53.
Pies derechos de madera con hierros planos, 54.
Pies derechos de madera y hierro, 51.
Pies derechos de puerta, 59.
Pies derechos de vanos, 756.
Pies derechos decorados, 46.
Pies derechos intermedios, 113, 200.
Pilarejos, 59, 179, 761.
— (Descimbrado con), 695.
Pilastras (Cabezas de), 610.
— de arranque de escaleras, 540.
Pilastras de barandillas de escaleras, 542.
Pilotes, 700.
— (Arriostramiento), 709.
— (Cargas), 706.
— (Desmoche o recepado), 709.
Pilotes (Empalmes), 708.
— (Hinca), 702.
— (Rechazos), 707.

Pilotes de rosca, 701.
Pináculos, 625.
Pino, 767, 771.
— blanco 771.
— — resinoso, 789.
— de Escocia, 771.
— del Norte, 767, 771.
— marítimo, 767.
— resinoso, 789.
— rojo, 789.
— silvestre, 767.
— tea, 767.
Pinsapo, 767.
Piñones, 178.
Pitch-pine, 767, 771.
— de América, 771.
Plano inclinado, 489.
Plátano, 766, 771.
— de Oriente, 766, 771.
— de Virginia, 766.
— occidental, 766.
Plétora vegetal, 783.
Plinto, 334, 596.
Polilla, 780.
Polonceau, 223.
Polyporus vaporarius, 782.
Pombla, 238.
Portaarneses, 577.
Partadas de tiendas, 559.
Postes (Cabezas de), 610.
— indicadores, 571.
Postigos de barreras, 348.
Pozos (Revestimiento de), 635.
Presas, 714.
Preservación de la madera, 785.
Preservación por el método *Bethell,* 785.
Preservación por el método *Boucherie,* 785.
Preservación por el método *Fréret,* 786.
Preservación por el método inglés, 786.
Preservación por el método *Kyan,* 786.
Preservación por el método *Payn,* 786.
Presión del viento, 812.
Puentes, 737.
— de arco, 750.
— de tablero curvo, 746.
— para vanos, 85.
— — con columna, 86.
— — de gran luz, 86.
— provisionales (Madera que entra por m. l.), 814.
Puentes rectos, 738.
Puertas (Bastidores), 386.
Puertas (Cercos), 385.
— (Contramarcos), 385.
— (Dimensiones), 378.
— (Jambajes), 386.
— (Tableros), 386.
— carboneras, 361.
— cocheras, 373.
— con ático, 391, 394.
— con coronamientos, 392, 395.
Puertas corredizas, 360.
— cubiertas de cerramientos, 350.
Puertas de alacena aparentes, 382.
Puertas de alacena disimuladas, 380.
Puertas de balcón, 413.
— de carros, 361.
— de cerca, 348.
— de cerramientos, 348.
— de cuadras, 355.
— de cuevas, 379.
— de entrada de casas, 365.
Puertas de garajes, 359.
— de molduras remetidas, 384.
Puertas de servicio, 383.
— de tablero (v. Puertas de cuevas).
Puertas de tableros grandes, 387.
Puertas de tableros pequeños, 384.
Puertas de tapia, 348.
— de verja, 348.
— en muros de cierre, 355.
— exteriores, 348.
— interiores, 377.
— persianas, 425.
— vidrieras, 396.
Puntales (Entibación de muros), 636.
Punto de Hungría, 152.
— — en dos sentidos, 153.
Pupitres para escuelas, 573.
Putrefacción de la madera, 780.

Q

Quiebra de mansarda, 324.

R

Radios medulares, 764.
Rajas de helada, 781.
Ranura y lengüeta, 21, 591.
Rayo de Júpiter, 33.
— — con redientes, 37.
Rebajo, 591.
Recepado de los pilotes, 709.
Recorrido de los entarimados, 164.
Recorte a escuadra, 591.
— a inglete, 591.
— de mediacaña, 591.
— perfilado, 592.
Rechazos de pilotes, 707.
Redientes, 36, 40, 89.
Redondeado, 592.
Refuerzo de vigas, 112.
Rellanos de escalera, 444.
— de madera, 478.
— — y hierro, 481.
— principales, 478.
Remates de postes y péndolas, 610.
Remates de tejado, 627.
Resistencia de las maderas, 788.
Revestimiento con cubrejuntas, 334.
Revestimiento de altura, 335.
Revestimiento de pozos, 635.
Revestimiento de zócalos, 333.
Revestimiento ensamblado, 334.
Riostras, 59, 754, 756.
Ristreles, 208, 306, 763.
Roble, 765, 771, 796.
— de Dantzig, 789.
— de Québec, 789.
— francés, 789, 795.
— inglés, 789, 795.
Rollizos, 771.
Rosetones, 140.

S

Sabina albar, 767.
Sacos de arena (Descimbrado con), 697.
Sámago, 781.
Sauce, 771, 789.
Saúco, 771, 789.
Serbal doméstico, 771.
— silvestre, 771.
Shed, 193.
— (Caballetes), 329.
— (Pies), 327.
Sicomoro, 766, 767, 789.
Sobrecargas de los suelos, 805.

Sobrecarrera, 56, 61, 756.
Solera, 756, 763.
Sopanda, 61, 206.
Staff, 137.
Stereum, 782.
Subcumbrera, 762.
Subpares, 262.
Suelos, 98.
— (Anclaje), 120.
— (Apeo de), 642.
— (Entretejido de las viguetas), 119.
Suelos (Escuadría de las maderas), 807.
Suelos (Peso propio), 806.
— (Piezas que los componen), 751.
Suelos (Sobrecargas), 805.
— colgados, 190.
— compuestos de maderas cortas, 115.
Suelos con artesonado, 99.
— con cielorraso, 100.
— con forjado, 100, 141.
— — y relleno, 100.
— con techo de tablas, 99.
— de doble entarimado, 140.
Suelos de enrayado, 755.
— de madera y hierro, 122.
— de maderas cortas, 117.
— — cortas con vigas armadas, 118.
Suelos de maderas delgadas, 142.
Suelos de viguetas triangulares, 140.
Suelos mixtos, 122.
— ordinarios, 98.
— simples de viguetas, 98.
— sobre vigas, 107, 115.

T

Tabiques, 79.
— (Bastidores), 341.
— de cabios o alfarjías, 79.
Tabiques de celosía, 80.
— de cuevas, 340.
— de oficinas, 343.
— de tablas, 79.
— de verja, 344.
— divisorios, 340.
Tablas (Juntas de), 58.
— (Troceado), 772.
— machihembradas, 151.
— viciadas, 772.
Tableros contrachapados, 339.
Tableros de dibujo, 573.
— de puertas, 386, 387.
— reforzados, 339.
Tablestacas, 713.
Tablillas de persianas, 424, 426.
Tablón regular, 779.
Talón, 30, 103, 590.
Taraceas, 155.
Teca, 771, 789, 796.
Techos, 124.
— de viguetas aparentes, 125.
Techos de viguetas colocadas por la arista, 127.
Techos de viguetas molduradas, 125.
Techos sobre vigas maestras aparentes, 131.
Tejo, 771.
Tensor, 93, 321.
Teredos, 783.
Termitas, 782.
Tiendas (Portadas), 559.
Tilo, 767, 771.
Tirante, 180, 319, 325, 759.
— de amarre, 71.
— de faldón, 755.
— diagonal, 755.
— quebrado (v. Cubiertas sin tirante).
Tirante transversal, 755.
Tolva, 752.
Tornapuntas, 43, 59, 760.
— de cumbrera, 289.
Tornillos y cajas de arena (Descimbrado con), 699.
Toro, 590.
Torsión de las fibras, 781.
Trabajos hidráulicos, 709.
Tracción, 796.
— transversal, 796.
Tragaluz, 298, 402.
Trametes, 782.
Tramo de escalera, 444.
Troceado de la madera, 771.
Troceado en tablas, 772.
— holandés, 772.
Tulipán de América, 771.
— del Canadá, 771.
Tumores, 781.
Tuya, 767, 769, 771.

U

Ulcera, 780.
Umbral, 361.
— entarimado, 162.
Umbral metálico, 413.
Uralita, 238.

V

Vallas, 427.
— de caballerizas, 579.
— de largueros, 428.
— de tablas, 429.
— — con cubrejuntas, 432.
— de varetas, 428.
— sobre basamento de fábrica, 435.
Vanos (Acodalado de), 644.
Vasares, 614.
Velas, 179.
Ventanas, 405.
— de corredera o de guillotina, 413.
Ventanas de cuatro hojas, 410.
Ventanas dobles, 415.
— interiores, 405.
Ventanillos, 403.
— de báscula, 417.
— de fuelle, 415.
Verjas, 429.
Vértices de cerchas, 321.
— de cubiertas shed, 329.
Vetas, 764.
Viento, 810.
— (Presión del), 812.
Vierteaguas, 368.
Vigas, 754.
— (Apoyo de), 111.
— (Apoyos intermedios), 113.
Vigas (Entrega de), 113.
— (Refuerzo o alivio de), 112.
Vigas acopladas con redientes, 89.
Vigas apoyadas, 798, 801 a 803.
Vigas armadas, 90, 176, 799
— — (Suelos de maderas cortas), 118.
Vigas armadas a la americana, 96.
Vigas armadas con biela y tensor, 93.
Vigas armadas con dos bielas, 94.
Vigas armadas con pares, 91, 95.
Vigas armadas lateralmente, 90.
Vigas armadas por adición de un perfil, 90.
Vigas compuestas, 88.

Vigas compuestas de dos piezas, 88.
Vigas compuestas de pequeñas piezas, 90.
Vigas de rellano, 480.
— de tres piezas y llaves, 89.
Vigas empotradas, 803.
— — por un extremo y libres por el otro, 803.
Vigas inclinadas, 804.
— maestras, 74.
— — aparentes, 131.
— molduradas, 129.
— reforzadas con hierro, 108.
Vigas simuladas, 139.
Viguetas, 751.
— (Apoyo de las), 100, 110.
Viguetas (Consolidación), 102.
Viguetas (Ensamble a los durmientes), 101.
Viguetas (Entretejido de las), 119.
Viguetas (Herrajes de las), 102.
Viguetas (Perfiles variados), 142.
Viguetas aparentes 125.
— cojas, 752.
— colocadas por la arista, 125.
Viguetas de forjado, 756.
Viguetas embrochaladas, 103, 751.
Viguetas gemelas, 751.
— molduradas, 125.
— simuladas, 140.
— triangulares, 140.
Viguetillas, 753.
Virotillos, 59, 757.

Z

Zancas (Ensambladuras), 512.
Zancas (Secciones), 473.
— (Trazado de las), 476.
Zancas a la francesa (véase Zancas rectas).
Zancas a la inglesa, 469.
— compuestas, 510.
— de cremallera, 469.
— de hierro (Secciones), 477.
Zancas de hierro en cremallera, 474.
Zancas de madera y hierro, 474.
Zancas de tramo en vuelta, 471.
Zancas helicoidales, 473.
— mixtas, 474.
— rectas, 471.
Zancos, 647.
Zanjas (Acodalado de), 634.
Zapata, 43.
Zócalos (Revestimientos), 333.
Zócalos de escalera, 607.
— de jambaje, 600.
Zunchos de empalmar, 31.

ÍNDICE ANALÍTICO

Págs.

INTRODUCCIÓN

Breve ojeada histórica 1

CAPÍTULO PRIMERO. — **Ensambladuras**

Ensambladuras propiamente dichas. — Generalidades. — Ensambladura por superposición de las piezas. — Ensambladura a media madera. — Ensambladura de palma, o entalladura. — Ensambladura de caja y espiga — Ensambladura de doble espiga. — Ensambladura de cola de milano. — Ensambladura de cola de milano, caja, espiga y cala. — Ensambladura de inglete. — Ensambladura de ángulo con espiga independiente. — Ensambladura de ángulo de espiga invisible. — Ensambladura de inglete de doble espiga invisible. — Ensambladura de ángulo de espiga aparente. — Ensambladura de inglete con llave. — Ensambladura de ángulo a media madera. — Ensambladura de ángulo con horquilla y espiga. — Ensambladura de colas de milano múltiples. — Ensambladura de ranura y llengüeta. — Ensambladura en cruz a media madera. — Ensambladura de cepos. — Ensamblaje de piezas oblicuas. — Ensamblajes oblicuos diversos. — Ensamblaje oblicuo inglés. — Ensambladura oblicua con caja y espiga. — Ensambladura oblicua de embarbillado, caja y espiga. — Ensambladura oblicua de barbilla y doble espiga. — Ensambladura oblicua de barbilla oculta. — Ensamblaje oblicuo vertical de embarbillado y espiga. — Por espiga pasante con llave. — Por horquilla. — Por estribo metálico. — Por estribo de madera 7

Empalmes — Empalme de espiga sencilla. — Empalme a tope con grapas. — Empalme con bridas. — Empalme zunchado. — Empalme a media madera. — Empalme de horquilla. — Empalme de pico de flauta. — Empalme de rayo de Júpiter. — Empalme de llave. — Empalme a media madera con corte quebrado. — Empalme de media madera en pico de flauta. — Empalme de horquilla con falso corte. — Empalme de cola de milano. — Empalme de media madera con falso corte invertido. — Empalme de media madera y cola de milano. — Empalme de rediente y llave. — Empalme de falso corte, cajas y espigas. — Empalme de rayo de Júpiter con redientes. — Empalme de media madera y llaves. — Empalme de espiga en escuadra. — Empalme de cuatro espigas. — Empalme de media madera en cuarteles. — Empalme de doble horquilla cuadrada. — Empalmes de cepos 30

Acoplamientos. — Acoplamiento de plano. — Acoplamiento de nuez. — Acoplamiento de llaves. — Acoplamiento de redientes. — Acoplamiento de cremallera. — Acoplamiento de tres piezas por redientes o cremalleras. — Acoplamiento con piezas intermedias. — Acoplamientos diversos. — Acoplamientos de madera y hierro 39

CAPÍTULO II. — **Pies derechos**

Pies derechos compuestos. — Pies derechos decorados. — Basas de pies derechos. — Basa de fundición. — Basas de hierro. — Ensamblaje de pies derechos por la cabeza. — Ensamblaje simple de fundición. — Ensamblaje simple de chapa. — Ensamblaje doble de fundición. — Ensamblaje doble de chapa. — Pies derechos de madera y hierro. — Pie derecho de madera con hierros en ⊔. — Pie derecho de madera con hierro I o «doble T». — Pie derecho con perfiles ⊔ embutidos. — Pie derecho con hierros angulares. — Pie derecho de madera y hierros planos. — Pie derecho con cuatro hierros ⊔. — Pie derecho con hierro en cruz y pletinas 48

CAPÍTULO III. — **Entramados de madera**

Entramados exteriores. — Entramados cerrados con tablas. — Entramados forjados. — Entramados en voladizo. — Entramados de madera llenos. — Entramado rústico . . 56

Págs.

Herrajes de los entramados. — Brida. — Tirante de amarre. — Brida acodillada. — Escuadras 70

Entramados interiores. — Entramado de viguetas perpendiculares. — Entramado de viguetas paralelas. — Entramado con viga maestra. — Entramados suspendidos. — Entramado sobre suelo existente. — Guarnecido de los entramados de madera 73

Tabiques. — Tabiques de cabios o alfarjías. — Tabiques de tablas. — Tabiques de celosía 79

Capítulo IV. — **Dinteles y vigas**

Dinteles. — Dintel oculto. — Dintel de madera aparente. — Dintel aparente sobre abertura libre. — Dinteles mixtos 82

Puentes. — Puente de gran luz. — Puente con columna 85

Jácenas de madera. — Vigas compuestas. — Viga compuesta de dos piezas. — Viga de tres piezas y llaves. — Viga acoplada con redientes. — Viga compuesta de pequeñas piezas. — Vigas armadas. — Viga armada por adición de un perfil. — Vigas armadas lateralmente. — Armaduras con pares. — Vigas armadas con biela y tensor. — Viga armada con dos bielas. — Viga con pares. — Vigas armadas a la americana 87

Capítulo V. — **Suelos y techos**

Entramado de los suelos. — Suelos ordinarios. — Apoyo de las viguetas. — Herrajes de las viguetas. — Brochal. — Herraje del brochal. — Cabestrillo. — Suelos sobre vigas. — Vigas reforzadas con hierro. — Ensambladura con bridas. — Apoyo sobre durmientes. — Apoyo de viguetas. — Ensambladura de palma. — Apoyo de vigas. — Refuerzo o alivio de vigas. — Alivios intermedios. — Suelos compuestos de maderas cortas. Suelo sobre viga. — Suelo de maderas cortas. — Suelo de maderas cortas con vigas armadas. — Suelo de maderas cortas. — Entretejido de las viguetas. — Anclaje de los suelos. — Anclaje de madera. — Anclajes de hierro. — Suelos de madera y hierro. — Ensambladura sobre hierro I. — Ensamblaje de estribo. — Ensamblaje de escuadras y grapa. — Ensamblaje con grapas 98

Techos y artesonados. — Suelos aparentes compuestos de viguetas. — Vigas molduradas. — Otros perfiles o secciones. — Suelos aparentes sobre vigas maestras. — Artesonados decorativos. — Suelos de doble entarimado. — Suelos con forjado. — Suelos de maderas delgadas. — Variantes de viguetas. — Artesonado. 124

Capítulo VI. — **Entarimados**

Entablados. — Entarimados o «parquets». — Entarimados a la inglesa. — Entarimado de juntas al sesgo alternadas. — Entarimado de punto de Hungría. — Punto de Hungría en dos sentidos. — Entarimado a la francesa. — Entarimado doble a la francesa. — Entarimado de taracea. Entarimados de mosaico. — Colocación de los entarimados. — Entarimado sobre asfalto. — Encuadramientos. — Umbrales. — Acepillado 147

Capítulo VII. — **Cubiertas**

Marquesinas 166

Cobertizos 171

Cubiertas de varias pendientes. — Cubiertas sobre piñones — Cubiertas sobre cuchillos. — Cubiertas con varios tirantes. — Cercha de viga armada. — Cerchas de cubiertas poligonales. — Cubiertas con suelo colgado. — Cubiertas de diente de sierra, o sheds. — Cubiertas con pies derechos intermedios — Cubiertas de gran luz. — Cubiertas diversas. — Cubiertas con dos arcos de descarga. — Cubierta sin tirante. — Cubiertas de madera y hierro. — Cubiertas de madera, fundición y hierro. — Cubiertas con marquesinas. — Cubiertas con linternas. — Cubiertas ligeras o económicas. — Cubiertas de pabellón. — Cubiertas de aguja. — Armaduras curvas. — Cubiertas curvas de tablas sin techos. — Cubiertas de rotondas. — Cubiertas esféricas. — Cubiertas aparentes decorativas . . 178

Arriostramiento. — Arriostramiento bajo la cumbrera. — Arriostramiento por diagonales. — Arriostramiento transversal — Arriostramiento longitudinal de los pies de las cerchas. — Arriostramiento horizontal 287

Faldones. — Faldón recto. — Enrayado. — Faldón de cubierta a la Mansard. — Faldones oblicuos 291

Encuentros de cubiertas. — Encuentros de cubiertas de igual altura. — Cubiertas de alturas distintas. — Par de limahoya 295

Buhardas. — Buharda de caballete. — Buharda arremangada. — Buharda rampante. — Otros tipos de buharda de caballete. — Buharda combada — Buharda de frontón. — Buharda a la capuchina. — Buharda de perro sentado. — Buharda de piñón. — Buhardas diversas 298

Págs.

Detalles de construcción de las cubiertas. — Pies de cuchillo de madera. — Pies de cercha de madera y hierro. — Bases de cerchas de madera y fundición. — Ensamble de correas en las cerchas. — Ensamble metálico de las correas. — Ensambles de correas de madera sobre pares de hierro. — Empalmes en las correas y cumbreras. — Ensambles de tirantes. — Vértices de cerchas (caballetes). — Ensambles de pendolón y tirante. — Pies de cubiertas shed. — Caballetes de cubiertas shed. — Pendientes de las cubiertas 305

Capítulo VIII. — **Revestimientos y tabiques**

Revestimientos. — Revestimientos de zócalo o arrimadillos. — Revestimientos de altura. 333

Tabiques y mamparas. — Tabiques de cuevas. — Tabiques divisorios. — Tabiques de separación de oficinas. — Mamparas de verja. 340

Alacenas 346

Capítulo IX. — **Puertas**

Puertas exteriores. — Puertas de cerramientos. — Postigos. — Puerta cubierta. — Puertas en muros de cierre. — Puertas de cuadras. — Puertas de garaje. — Puerta carbonera. — Puertas de carros. — Puertas de entrada de casas. — Puertas cocheras . . . 348

Puertas interiores. — Puertas de cueva. — Puertas de alacena disimuladas. — Puertas de alacena aparentes. — Puertas de servicio. — Puertas de tableros pequeños. — Puertas de tableros grandes. — Puertas diversas. — Puertas vidrieras 377

Capítulo X. — **Ventanas**

Tragaluces. — Ventanillo medianero. — Ventana interior. — Elementos constitutivos de una ventana. — Bateaguas y peanas. — Baquetones. — Ventanas. — Ventanas de cuatro hojas. — Puerta de balcón. — Ventanas de corredera o de guillotina. — Ventanas dobles. — Ventanillo de fuelle. — Ventanillo de báscula 402

Capítulo XI. — **Contraventanas y persianas**

Contraventanas interiores. — Contraventanas exteriores. — Persianas. — Contraventanas-persianas. — Persianas de librillo. — Puertas-persianas. — Persianas de tablillas móviles 419

Capítulo XII. — **Empalizadas y vallas**

Empalizadas. — Valla de largueros. — Cercados de varetas. — Vallas de tablas. — Puertas 427

Capítulo XIII. — **Escaleras**

Generalidades. — Dimensiones del escalón. — Ancho de la escalera. — Línea de huella. — Altura de paso. — Compensación. — Cajas de escalera, tramos, ojos, rellanos 437

Detalles de las escaleras. — Peldaños macizos. — Peldaños mixtos. — Mampirlanes. — Peldaños compuestos. — Peldaños aparentes por debajo. — Escalones de madera y hierro. — Peldaños de hierro y madera con cielorraso. — Zancas de madera en cremallera. — Zancas rectas. — Zancas de madera y hierro. — Zancas de hierro en cremallera. — Rellanos de madera. — Rellanos de madera y hierro. — Arranques de escaleras 456

Tipos de escaleras. — Plano inclinado. — Escalas. — Escala de molinero. — Escaleras exteriores. — Escaleras cubiertas. — Escalera de casa de alquiler. — Escaleras de zancas superpuestas. — Escaleras con descansillos. — Escalera sobre pies derechos. — Escalera principal. — Escalera de peldaños compensados. — Escaleras en hélice. — Escaleras de caracol de hierro y madera. — Escaleras de hélice con dos núcleos. — Escalera de hélice con ojo. — Escalera de caracol con aparejo de piedra 489

Capítulo XIV. — **Balaustradas**

Balaustradas en general. — Balaustradas de madera ensambladas 526

Balcones 536

Barandillas de escalera. — Pilastras de arranque. — Pilastras intermedias. — Balaustres de sección cuadrada. — Balaustres redondos. — Barandillas de madera. — Barandillas de hierro. — Pasamanos de madera 540

Págs.

CAPÍTULO XV.—**Portadas de tiendas** 559

CAPÍTULO XVI.—**Trabajos diversos**

Perrera.—Bancos.—Postes indicadores.—Caballetes.—Mobiliario escolar.—Armario ropero.—Guadarnés.—Vallas colgadas de cuadra.—Vallas fijas de caballeriza.—Chimeneas de madera 569

CAPÍTULO XVII.—**Molduras, adornos y detalles**

Molduras y detalles.—Molduras.—Chaflanes.—Ranura y lengüeta.—Rebajo.—Recortes.—Recortes perfilados.—Redondeado.—Garganta de desagüe.—Entalladuras.—Junquillo cubrejunta.—Cubrejunta.—Calafateados.—Baquetones o junquillos moldurados.—Diversos perfiles de junquillos de ángulo.—Cajetines para instalaciones eléctricas.—Plintos y estilobatos.—Cimacio.—Jambajes.—Zócalo de jambaje.—Marcos.—Molduras diversas.—Cornisas voladas.—Zócalos o arrimadillos de escalera.—Barras de antepecho.—Marcos de puerta.—Pies derechos de forjado.—Marco y contramarco. . 590

Remates de postes y péndolas.—Cabezas de postes.—Remates de péndolas . . . 610

Ménsulas.—Cartelas de madera recortada.—Ménsulas ensambladas o palomillas.—Ménsulas ensambladas y caladas 614

Madera calada.—Lambrequines o guardamalletas.—Cresterías.—Frisos.—Pináculos.—Remates.—Frontones.—Pabellones.—Paneles calados.—Balaustres de balcones. 622

CAPÍTULO XVIII.—**Entibaciones y apeos**

Entibación de los escarpes de una excavación.—Acodalado de zanjas.—Revestimiento de pozos.—Entibación de muros con puntales.—Apeos.—Apeos de suelos.—Acodalados de vanos.—Apeos de bóvedas 632

CAPÍTULO XIX.—**Andamios**

Generalidades.—Andamios de ensamblajes.—Andamios fijos.—Andamios fijos volados.—Andamios sobre tornapuntas.—Andamios de báscula.—Andamios suspendidos.—Andamiajes para monumentos.—Andamios volantes.—Andamios rodantes . 647

CAPÍTULO XX.—**Mecanismos elevadores**

Cabrias.—Castilletes y montacargas.—Aparejo rodante para montaje de cerchas. 663

CAPÍTULO XXI.—**Cimbras**

Generalidades.—Cimbras para huecos en arco.—Cimbras para arcos rebajados.—Cimbras para arcos de medio punto.—Cimbras rodantes.—Cimbras suspendidas.—Cimbras carpaneles y elípticas.—Cimbras para arcos elípticos peraltados.—Cimbras para arcos ojivales.—Cimbras de cúpulas.—Cimbras diversas 669

Descimbrado de las bóvedas.—Por medio de pilarejos.—Por medio de cremalleras de madera.—Por medio de cuñas.—Con cuñas y gatos.—Con sacos de arena.—Por medio de levas.—Con cajas de arena.—Procedimiento mixto 694

CAPÍTULO XXII.—**Trabajos de cimentación e hidráulicos**

Pilotes.—Pilotes de rosca.—Hinca de los pilotes. Martinetes de cuerdas.—Martinete de trinquete.—Martinete de vapor.—Cargas sobre los pilotes.—Falso pilote.—Empalme de los pilotes.—Arriostramiento de los pilotes.—Desmoche o recepado . . 700

Trabajos hidráulicos.—Cimentaciones sobre emparrillado.—Ataguías.—Tablestacas.—Presas.—Muelles provisionales.—Estacadas 709

CAPÍTULO XXIII.—**Puentes**

Pasarelas.—Generalidades.—Pasarelas de viga armada.—Pasarelas de vigas con armadura inferior.—Pasarelas decorativas.—Pasarelas provisionales 718

Puentes.—Generalidades.—Puentes rectos.—Puentes de tablero curvo.—Puentes de arco 737

CAPÍTULO XXIV.—**Las maderas de carpintería**

Nombres de algunas piezas que entran en la composición de un suelo.—Viguetas.—Viguetas embrochaladas.—Brochales.—Viguetillas.—Nervios.—Durmientes.—

Págs.

Vigas. — Tirante transversal. — Tirante de faldón. — Tirante diagonal. — Cartabón. — Brochales. — Viguetas de forjado 751

Nombres de algunas piezas empleadas en la composición de los entramados de madera. — Carreras. — Pies derechos de puerta o ventana. — Cornijales. — Riostras o jabalcones. — Cruces de San Andrés. — Virotillos 756

Nombres de algunas piezas que entran en la composición de una cubierta. — Pares. — Limatesa — Limahoyas. — Cuartones. — Tirantes. — Contratirantes y puentes. — Pendolones. — Tornapuntas. — Cuadrales. — Falsos pares. — Pilarejos o manguetas. — Nudillos. — Cumbreras o hileras. — Nervio o subcumbrera. — Jabalcones. — Correas. — Ejiones. — Cabios. — Carreras. — Soleras. — Ristreles 758

Algunas maderas empleadas en carpintería. — Encina. — Roble. — Castaño. — Haya. — Olmo. — Fresno. — Acacia. — Alamo. — Plátano. — Abedul. — Aliso. — Carpe. — Arce. — Tilo. — Pino. — Abeto. — Alerce. — Cedro. — Ciprés. — Caoba. — Nogal. — Boj. — Peral. — Cerezo. — Ebano. — Limonero. — Tuya 764

Densidades de las diferentes maderas. 769

Corta y troceado de las maderas 771

Cubicación de las maderas. — Cubicación por redondeo. — Cubicación por el bramante. — Cubicación por medio de un espejo. — Cubicación por medio de dos pértigas. — Cubicación por medio del grafómetro. 774

Dimensiones de las maderas comerciales 779

Defectos y enfermedades de las maderas. — Descomposición del tejido fibroso. — Acción de los agentes atmosféricos. — Acción de las plantas parásitas, insectos, etc. — Los hongos. — Los insectos 780

Conservación de las maderas. — Desecación natural. — Inmersión en agua. — Desecación artificial 783

Preservación por medio de agentes químicos. — Procedimientos del Dr. Boucherie. — Procedimiento Bethell. — Procedimiento Payn. — Procedimiento inglés. — Procedimiento V. Fréret. — Procedimiento Kyan. — Procedimientos diversos. Carbonización. — Alquitranado. — Carbolineum. — Microsol. — Pintura al aceite 785

CAPÍTULO XXV. — Resistencia de las maderas

Compresión en sentido longitudinal 788

Cargas que producen el aplastamiento. — Compresión transversal. — Extensión o tracción longitudinal. — Extensión transversal. — Deslizamiento longitudinal de las fibras. — Flexión. — Pieza cargada con un peso uniformemente repartido. — Vigas armadas. — Pieza cargada con un peso en su centro. — Pieza cargada con un peso en un punto cualquiera. — Pieza cargada con dos pesos a igual distancia de los apoyos. — Pieza empotrada por ambos extremos y uniformemente cargada. — Pieza empotrada por un extremo y cargada con un peso en el otro. — Flexión de una pieza colocada oblicuamente. — Esfuerzo cortante o de cizallamiento 789

CAPÍTULO XXVI. — Datos diversos

Sobrecargas variables de los suelos. — Sobrecargas que deben soportar los suelos de las casas de habitación, salones de recepción, almacenes, etc. — Pesos propios de los suelos intermedios de madera. — Escuadrías de las maderas que componen los suelos. Escuadrías de las maderas que componen las cubiertas. — Peso de las cubiertas. — Pesos aproximados de las carpinterías según el material de cubierta empleado. — Pesos e inclinaciones de los diversos sistemas de tejados. — El viento y los contravientos. — Presiones ejercidas por el viento a diferentes velocidades. — Dimensiones de las principales piezas que entran en la composición de una cimbra. — Madera que entra por metro lineal de cimbra o puente de servicio provisional 805

ÍNDICE ALFABÉTICO 815

GUSTAVO GILI, Editor

Calle de Enrique Granados, 45.—BARCELONA

Tratado práctico de edificación, por E. BARBEROT, arquitecto. Un volumen de 834 págs., de 25 × 16 cms., con 1870 grabados.

Manual del modelista mecánico, del carpintero y del ebanista, por V. GOFFI. Un volumen de 460 páginas, de 20 × 13 cms., con 305 grabados, cuatro láminas y 43 tablas.

Construcción de casas, por C. LEVI, ingeniero. 2.ª ed., aumentada. Un volumen de 480 págs., de 20 × 13 cms., con 264 grabados.

Construcciones de hormigón armado, por C. KERSTEN. Un volumen de 822 págs., de 23 × 15 cms., con 1037 grabados.

Modelos de edificios económicos, *casas baratas, villas y granjas,* por I. CASALI. 4.ª ed., aumentada hasta el número total de 152 modelos. Un vol. de 472 págs., de 20 × 13 cms.

Composición de plantas de edificios. *Tratado analítico para uso de arquitectos y constructores,* por PERCY L. MARKS. Un volumen de 384 págs., de 32 × 24 cms., con 53 grabados y 96 láminas.

Cales y cementos. *Normas prácticas para uso de los ingenieros, arquitectos, contratistas, sobrestantes y capataces,* por L. MAZZOCCHI, ingeniero. Un volumen de 268 págs., de 20 × 13 cms., con 64 grabados.

Construcciones rurales. *Proyecto y construcción de la casa de campo y sus anexos,* por V. NICCOLI, ingeniero. Un volumen de 396 págs., de 20 × 13 cms., con 185 grabados.

Manual del aparejador albañil. *Guía práctica para la organización, replanteo y ejecución de las obras,* por J. F. OULTRAM. Un volumen de 248 págs., de 20 × 13 cms., con 162 grabados.

Tratado de Topografía, por CLAUDIO PASINI. Un volumen de 620 págs., de 23 × 15 cms., con 275 grabados.

Canteras y minas, por S. BERTOLIO. Un volumen de 676 páginas, de 25 × 16 cms., con 205 grabados.

Tratado de instalaciones sanitarias. *Manual del plomero instalador,* por R. M. STARBUCK. Un volumen de 384 págs., de 25 × 16 cms., con 345 grabados.

Manual del fabricante de ladrillos, por JULIO VON BÜK. Un volumen de 286 págs., de 20 × 13 cms., con 61 grabados.

Elementos de Matemáticas, *para uso de las Escuelas de Comercio y de Artes e Industrias y para los adultos que deseen completar su instrucción,* por L. TRIPARD. Un volumen de 434 págs., de 20 × 13 cms., con 338 grabados.

Elementos de Geometría descriptiva *y sus aplicaciones a la teoría de las sombras y al corte de piedras y maderas,* por C. RANELLETTI. Un volumen de 414 págs., de 20 × 13 cms., con 273 grabados.

Tablas de logaritmos, por el Dr. O. SCHLÖMILCH. Un volumen de 216 págs., de 20 × 13 cms.

Técnica del Dibujo, *o sea descripción de los instrumentos que se emplean en la práctica del dibujo, modo de usarlos y explicación breve y sencilla de los procedimientos más convenientes para facilitar su labor a los dibujantes,* por A. COMMELERÁN. 2.ª ed. Un volumen de 204 págs., de 25 × 16 cms., con 78 grabados.

El Dibujo y la composición decorativa *aplicados a las industrias artísticas,* por E. COUTY, jefe de los talleres de decorado de la fábrica nacional de Sèvres. Un volumen de 302 págs., de 23 × 15 cms., con 462 grabados.

Tratado práctico de Perspectiva. *Obra al alcance de los dibujantes,* por F. T. D. 2.ª ed. Un volumen de 230 págs., de 25 × 16 cms., con 310 grabados.

Recetario fotográfico. *Colección de 537 fórmulas y procedimientos,* por el Dr. L. SASSI. 2.ª ed. Un volumen de 312 págs., de 20 × 13 cms.

El motor de explosión, por E. PETIT. Un volumen de 566 páginas, de 20 × 13 cms., con 198 grabados.

«Hütte» Manual del ingeniero. *Enciclopedia teórico-práctica del ingeniero y del arquitecto, compilada y publicada por la Academia Hütte de Berlín.* Traducción de la 24.ª ed. alemana. Tres volúmenes de 20 × 13 cms. Tomo I, con 1330 págs. y 1051 grabados. (En prensa los tomos segundo y tercero: pídase el prospecto especial.)

Formulario del ingeniero. *Manual práctico para los ingenieros, mecánicos y constructores,* por E. GARUFFA, ingeniero. Un volumen de 704 págs., de 20 × 13 cms., con 975 grabados y 240 tablas.

Manual del tornero mecánico. *Guía práctica para la construcción de tornillos, engranajes y ruedas helicoidales,* por S. DINARO. 2.ª ed., aumentada. Un volumen de 240 págs., de 20 × 13 cms., con 59 grabados.

Manual del mecánico, *para uso de los obreros mecánicos, jefes de taller, montadores, metalúrgicos, electricistas y encargados de máquinas de vapor,* por E. Giorli. 5.ª ed. Un volumen de 612 págs., de 20 × 13 cms., con 374 grabados.

Tratado de Metalurgia general. *Estudio de los metales, aleaciones, combustibles y materias refractarias. Tecnología metalúrgica. Operaciones auxiliares y complementarias,* por H. O. Hofman. Un volumen de 1038 págs., de 25 × 16 cms., con 908 grabados.

Tratado de Mecánica industrial, *para uso de las Escuelas industriales, de los ingenieros y de los directores de taller,* por el ingeniero Ph. Moulan. 3.ª ed. Un volumen de 1236 págs., de 24 × 15 cms., con 1401 grabados.

Tratado de fundición del hierro y del acero, por B. Osann. Un volumen de unas 800 páginas, de 25 × 16 cms., con 706 grabados.

Recetario del automovilista. *Colección práctica de procedimientos, consejos, secretos de taller y reparaciones de urgencia,* por L. Baudry de Saunier. Un volumen de 756 págs., de 18 × 13 cms., con 244 grabados y cuatro gráficas.

Recetario del bruñidor, metalista y decorador. *Arte de pulir, acicalar, dorar, niquelar, revestir, pintar, barnizar, colorear y grabar objetos de metal, madera, piedra, yeso, porcelana, vidrio, hueso, marfil, cuerno, concha, ámbar,* etc., por G. A. Siddon. Un volumen de 466 págs., de 20 × 13 cms.

Tratado de Galvanotecnia, por el Dr. W. Pfanhauser. Traducción de la 6.ª ed. alemana. Un volumen de 798 págs., de 25 × 16 cms., con 335 grabados.

Conducción y manejo de las máquinas y de las centrales eléctricas *de grande y de pequeña potencia,* por G. Veroi. Un volumen de 500 págs., de 25 × 16 cms., con 465 grabados y tres láminas.

Curso de Electrotecnia. *Producción y aprovechamiento industrial de la corriente eléctrica,* por E. Kosack, ingeniero. Un volumen de 430 págs., de 23 × 15 cms., con 296 grabados.

Elementos de Electricidad industrial, por P. Roberjot, profesor de la Escuela práctica de Industrias de Reims. Cinco volúmenes de 20 × 13 cms.

I. **Generalidades.** 580 págs., con 455 grabados.

II. **Medidas.** 330 págs., con 311 grabados.

III. **Máquinas.** 348 págs., con 246 grabados.

IV. **Instalaciones interiores.** 390 págs., con 478 grabados.

V. **Centrales y redes.** 268 págs., con 194 grabados.

La Electricidad y sus aplicaciones, por el Dr. L. GRAETZ, 2.ª ed., aumentada. Un volumen de 650 páginas, de 25 × 16 cms., con 706 grabados.

Elementos de Ciencias físicas y naturales, por el Dr. EDUARDO FONTSERÉ, catedrático de la Universidad de Barcelona. 4.ª ed. Un volumen de 294 páginas, de 20 × 14 cms., con 774 grabados y 270 temas para contestar verbalmente o por escrito, y un léxico de palabras técnicas.

Tratado popular de Física. *Manual al alcance de todo el mundo, con numerosas figuras, ejemplos y problemas resueltos, de aplicación a la industria y a la vida práctica,* por los doctores KLEIBER y KARSTEN. 4.ª ed., 4.ª tirada. Un volumen de 590 págs., de 20 × 13 cms., con 538 grabados y una lámina en color.

Tratado de Física, *para los cursos de las Escuelas técnicas superiores y para los de ampliación,* por O. MURANI, profesor del Instituto Técnico de Milán. Dos volúmenes de 25 × 16 cms.

I. **Mecánica, Acústica, Termología.** 694 págs., con 592 grabados.

II. **Óptica, Electricidad.** 904 págs., con 803 grabados.

Astronomía popular, por NEWCOMB-ENGELMANN. Traducción de la 7.ª ed. alemana. Un volumen de unas 800 páginas, de 25 × 16 cms., con 240 grabados.

Colores y barnices. *Manual para uso de los pintores, ebanistas, barnizadores y fabricantes de colores y barnices,* por MAX MEYER y el Dr. P. BONOMI DA MONTE. 3.ª ed., corregida y aumentada. Un volumen de 336 págs., de 20 × 13 cms., con 39 grabados.

Curso de Química industrial, por F. H. THORP. Un vol. de 712 págs., de 23 ½ × 15 cms., con 137 grabados.

Fabricación de conservas alimenticias. *Manual práctico para fabricantes, agricultores y particulares,* por L. E. ANDÉS. Un volumen de 588 págs., de 20 × 13 cms., con 67 grabados.

Tratado de lechería, por el Dr. W. FLEISCHMANN. Un volumen de 746 págs., de 25 × 16 cms., con 63 grabados.

La abeja y la colmena, por L. LANGSTROTH y C. DADANT. Un volumen de 648 págs., de 20 × 13 cms., con 241 grabados.

Tratado de Enología, por el Dr. F. A. SANNINO, director de la Real Escuela de Viticultura y Enología de Alba. Un volumen de 928 págs., de 24 × 15 cms., con 248 grabados.

El catálogo completo de la casa Gustavo Gili se remite gratis a quien lo solicite.

E. BARBERO

TRATADO PRÁCTICO

DE

CARPINTERIA

C
1051